

Title	伐採地の性格とその作業工程への影響( Dissertation_全文 )
Author(s)	神崎, 康一
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	1963-12-24
URL	<a href="http://dx.doi.org/10.14989/doctor.k353">http://dx.doi.org/10.14989/doctor.k353</a>
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	author

# 伐採地の性格とその作業工程への影響

—— 伐採地の性格の表現法に関する二三の試論 ——

神 崎 康 一

1 9 6 3 年

# 伐採地の性格とその作業工程への影響



神 崎 康 一

1 9 6 3 年

# 伐採地の性格とその作業工程への影響

## 目 次

はじめに .....	3
I. 伐木造材作業の工程と環境 .....	5
1. 伐木造材作業の形態 .....	5
2. 作業工程の表示単位としての「まとまり作業」 .....	5
3. 環境因子としての伐採地の性格 .....	6
II. 伐採地の性格とその表現法 .....	7
1. 基礎測度 .....	7
2. 特性因子 .....	9
2.1 Principle Component の性質 .....	9
2.2 Component Analysis の例(その1) .....	11
2.3 Component Analysis の例(その2) .....	16
2.4 伐採地の内部的特性による分類 .....	18
3. 規範因子 .....	25
3.1 規範因子の性質 .....	25
3.2 Canonical Analysis の例 .....	27
III. 伐採地の性格の作業工程に及ぼす影響 .....	30
1. 内部的特性の作業工程に及ぼす影響 .....	30
1.1 根切り作業工程についての分析例 .....	30
1.2 玉切り作業工程についての分析例 .....	39
2. 規範因子によつて表わされる全体的性格と 作業工程との関連性 .....	41
2.1 根切り作業工程についての分析 .....	42

2.2	玉切り作業工程についての分析	46
3.	基礎測定因子による作業工程分析について	47
3.1	木曾谷の例	47
3.2	芦生における例 — 重回帰分析例	50
IV	伐採作業の場としての伐採地の性格の判断と	
	作業工程の推定	53
1.	伐採地の分類	53
2.	類型を求める問題	53
3.	伐採地の性格による作業工程の偏よりの推定	63
4.	作業工程分析における伐採地条件による効果の削除	72
V	結 論	74
VI	要 約	77
1.	伐採作業の工程表示	77
2.	伐採地の性格とその表現法	78
3.	伐採地の性格の伐木造材作業工程に及ぼす影響	79
4.	適用の問題について	80
	おわりに	81
附 録	伐採作業工程の調査資料	83
参 照 文 献		91

## は　じ　め　に

森林内において行われる作業，特に伐木造材作業においては，森林自体のもつ性格，あるいは様相によつて，その能率が非常に大きな影響を受ける場合が，少なくない。筆者が，これから本論文において論議の対象とするものは，伐木造材作業の工期である。この伐木造材作業工期に対して何らかの影響を与えるであろうと予想される作業条件としては，伐採地自体のもつ場としての条件，作業者自体の性格，使用する機械器具，気候条件等々が考えられるのであるが，特に伐採地自体のもつ性格が与える影響は，最も重要なものであらうと考えられる。

本論文では，特にこの伐採地の性格——伐採地の地形及び植生状態に関する全ての様相——と伐木造材作業工期との関連性を取り扱うことになるのであるが，この伐採地の性格が，伐木造材作業工期に，どのような影響を与えているものであるかを適確に把握するということは，伐木運材作業計画の基礎を作ることなのであつて，非常に困難なことではあるが，林業生産の近代化，あるいは今後の発展のためには，是非とも必要なことと考えられる。また，林地上で行われる諸種の作業実験においても，この伐採地の性格によつて引き起される実験値の偏よりを無作為化するということが非常に困難であるということから，この伐採地の性格の影響を把握すると云うことが，強く要求されるのである。

さて，伐木造材作業の工期に対して，伐採地の性格がどのような影響を与えるかを知るためには，先ず，伐採地自体の性格が，どのようなものであり，またどのように把握表現されるべきものであるかという問題を解決しなければならない。すなわち，伐採作業の場としての伐採地の性格とは何であるかと云うことである。しかし，伐採地あるいは森林の呈する多種多様な様相を，多種多様ならしめている根元的原因は何であるかという因果の問題を解決することは，一朝一夕には出来ないことであり，恐らく，そのような根元的原因が存在するか否か，はたまた，その解明が果して現今の科学的方法によつて可能なのか否かということさえも定かではないのであつて，今ここで，論

じうることがらではない。

今、筆者が目途とする所は、現時点における森林の様相を、そこで行われる伐木造材作業の工期との関連性を表現するのに、出来るだけ都合のよいような方法で把握し、表現してやるということである。それでは、作業工期との関連性を表現するのに都合のよい方法というのはどのようなことであるかと云うと、先ず統計的取扱いが容易であるということであり、そして、そこに表現された伐採地の性格が、我々に親しみのある言葉で語りうるものであるということである。特に、前者は、必要不可欠である。

このような考えから、筆者は、ここに二つの統計的方法を適用することを提案したいと思うのである。

その一つは、統計学上 Component Analysis と呼ばれる方法であつて、この方法によつて、伐採地の内部に秘められたいくつかの特性を把握するのではないと思われるのである。もう一つは、Canonical Analysis と呼ばれる方法である。この方法は、いわば、外部的条件との関連性において伐採地の性格を表現しようという方法である。

このような二つの統計的方法を利用することによつて、伐採地の性格を内面からと外面からの両面から把握表現し、その上で、作業工期との関連性を分析してゆきたいと思う。

しかし、筆者が、この論文において論じうるところは、二三の Case study の集成という域を出ないのであつて、決して一般論とは云い得ないであろう。実際に、このような森林作業に関する問題は、Case by Case に一步一步積み重ねていかなければならない場合が多いのではないだろうか。それ故に、また、その方法論が非常に重要なものとなつてくるのである。この論文は、その一方法論として投ぜんとするものであつて、いくらかでも林学の発展に寄与しうるものとなるならば幸いである。

本論文の構成としては、先ず、前述の統計的方法によつて伐採地の性格が、どのように把握られ、また表現されうるかという問題を具体的な例によつて説明し、次に、そこに得られた表現法と作業工期との関連性について分析説明し、最後に、それらの方法の応用として、二三の問題を取り扱つてみたいと思う。

## I 伐木造材作業工程と環境

### 1. 伐木造材作業の形態

伐木造材作業の形には、いろいろなものが考えられるのであるが、我が国における用材生産のための伐木造材作業過程を大別すると次の二通りになる。

- ① 伐倒→枝払→剥皮→乾燥→玉切
- ② 伐倒→枝払→玉切→（乾燥又は剥皮）

このうち、①の順序は、スギの伐採法の典型である。しかし、時期により、目的によつて多少の違いはあるようである。例えば、剥皮、乾燥の過程をばくことによつて、作業能率を高める等である。

②の方は、ヒノキ科、マツ科、モミ科、などの針葉樹及び大部分の用材用広葉樹の伐採法として、最も広く用いられる方法である。そして、特に、マツ科、モミ科の針葉樹は、防虫法として剥皮される場合が多い。

### 2. 作業工程の表示単位としての“まとまり作業”

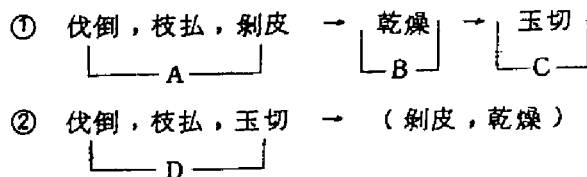
一口に作業工程と云つても、どのような作業単位に対して工程を表現すれば良いかということが問題である。それでは何をもつて良しとするかという、あるまとまつた作業を単位として工程を表示した場合、その分析がやり易く、かつ、その結果についての議論が容易であるということになるだろう。また、実用的見地からするならば、余り作業単位を細分してしまつては、意味のない取り扱い難いものになつてしまう。しかし余り大雑把に分けると今度は焦点がぼやけてしまう恐れがある。というようなことを考慮すると、大体次の二つの要望を満たしてくれるものであればよかろうと思われる。

- ① そのまとまり作業のうちに、余り多くの異つた種類の要素作業を含まない。
- ② 作業順序として連続している二つのまとまり作業の間に、余り関連性がなく、それぞれ独立に別々に取り扱つても構わないこと。

さて、このような要望のもとに、前節の二つの作業順序について、その工程を表示するための作業単位、あるいは単位まとまり作業を区分してみると



次のようになる。これは、同一の作業者によつて同一時に一連の作業として行われる全過程を一つの単位にとつたものである。



なお、全幹集材法などが用いられる場合は、伐倒だけ、あるいは、伐倒と枝払を一過程として取る必要があるが、本論文では、これらの作業形態については触れない。

本論文中においては、このA：伐倒，枝払，剥皮を根切り作業，C：玉切を玉切り作業，そして，D：伐倒，枝払，玉切を伐木造材作業と呼ぶことにする。

### 3. 環境因子としての伐採地の性格

伐木造材作業において、その功程に影響を与える諸作業条件を大別すると、

- ① 作業者自身に関する条件
- ② 使用される機械器具
- ③ 気候条件
- ④ 伐採地の条件

の四つになる。このうち、気候及び作業の場である伐採地の条件が純然たる環境条件である。

この環境条件の一つである伐採地の条件について、本論文は述べようとするのであるが、これをさらに分けると、

- ① 植生状態による条件
- ② 地形に関する条件
- ③ 地表状態に関する条件

の三つに分けることができる。本論文中においては、この三者が織りなす性格を総称して「伐採地の性格」という言葉を用いることにする。

次章においては、このような伐採地の植生状態、地形及び地表状態によつて織りなされる伐採地の性格には、どのようなものがあるか。又、どのように把握されるのかということをも、二つの数学的方法によつて解析してみようと思う。

## Ⅱ 伐採地の性格とその表現法

ひとまず作業工程ということを離れて、伐採地自体の性格は、どのようなものであるのか、また、どのような方法で表現すればよいのか、ということだけについて論ずる。先ず伐採地の様相を何によつて表現するべきかという問題から入つて行こう。

### 1. 基礎測度

伐採地の呈する様相を表現する最も原初的直感的な方法として、先ず、その森林に表われている直接可測な因子をもつて表現する方法が考えられる。すなわち、地面の傾斜度、樹種、樹種混交度合、立木の平均胸高直径、立木密度等々によつて表現する方法である。この他にも種々な表現法が考えられるが、本論文においては、この方法を基礎として議論を展開したい。これらの因子を今後この論文では他の方法との混同を避けるために、基礎測度因子と呼ぶことにする。そしてこれらの因子全体による表現法を基礎測度による方法と云うことにする。

この基礎測度によれば、森林の外形をそのまま表わすことになるので、その外観的形態を知るために便利であるように思われるけれども、その各因子間には、当然相互に相関関係をもっているので、作業工程と林地の性格の關係に言及したり、性格の変動について論じたりする場合に、個々の因子について議論をすることがはなはだ面倒で、そこに展開される議論が非常に不明瞭にならざるを得ないというような場合が往々にしてあるのである。

ここに一例をあげよう。これは1961年に京大の芦生演習林で調査したものである。この調査地は正確には芦生演習林第16林班の一部で、スギと広葉樹（ブナ、ナラ、シデ等）の混交した天然林で、伐採木はスギだけに限られていた。ここに予定された伐採地（約12 ha）全域にランダムに設けられた約200～400 m<sup>2</sup>の調査プロット24個について資料をとつたのであるが、その各プロットは、ある特定のプロット内では、大体勾配が一定で、それぞれ約10本の伐採木を含んでいる。このような資料によれば、平均勾配、立木密度、伐木密度、平均胸高直径、胸高直径の分散、平均樹高、

立木材積密度，平均枝下高，平均枝数，の九因子間の相関行列は第Ⅱ．1表の通りであつた。ここに平均胸高直径，平均勾配…等は各プロット内の平均という意味である。

第Ⅱ．1表 基礎測定因子間の相関係数（データ数24）\*

	1 平均 勾配	2 立木 密度	3 伐木 密度	4 平均 胸高 直径	5 胸高 直径 の分散	6 平均 樹高	7 立木 材積 密度	8 平均 枝下高	9 平均 枝数
1. 平均勾配	1.0000	-.3081	-.5218	-.1110	.2567	.0119	-.5290	-.4424	.1709
2. 立木密度	-.3081	1.0000	.6069	-.3301	-.5457	-.2322	.2973	.0514	-.1364
3. 伐木密度	-.5218	.6069	1.0000	-.0414	-.4425	-.1187	.7851	.2766	-.1064
4. 平均胸高直径	-.1110	-.3301	-.0414	1.0000	.3926	.6669	.5344	.1951	.3515
5. 胸高直径の分散	.2567	-.5457	-.4425	.3926	1.0000	.1251	-.1338	-.0695	.3778
6. 平均樹高	.0119	-.2322	-.1187	.6669	.1251	1.0000	.3779	.1667	.4556
7. 立木材積密度	-.5290	.2973	.7851	.5344	-.1338	.3779	1.0000	.3510	.1019
8. 平均枝下高	-.4424	.0514	.2766	.1951	-.0695	.1667	.3510	1.0000	-.4603
9. 平均枝数	.1709	-.1364	-.1064	.3515	.3778	.4556	.1019	-.4603	1.0000

この相関行列表に示されているように，特に平均胸高直径と平均樹高，あるいは，平均勾配と立木材積密度等の間にある相関関係は非常に強いものであるので，これらを偶然の所産として無視するわけにはいかないものである。したがつて，例えば平均胸高直径という一因子の変動は，必然的に他の諸因子の変動を引き起し，また一方，他の諸因子の変動は，平均胸高直径の変動を引き起すものであると考えなければならない。それ故，今，平均胸高直径という一因子のみを取出してみた場合，その変動は，結局，暗々裡に全因子の表現する森林全体の様相の変動を代表するものであつて，決して，平均胸高直径と云う単一な様相の変化を伝えるものではないのである。このように平均胸高直径とは云いながら，その表現しているものが何であるか判らないということになるのである。

\*この資料は，附録に全部掲載したので，各因子の単位等の詳細は附録を参照。

このように基礎測度は各因子間に相関関係があるために，その取扱いが面倒であり，議論のよりどころとして可成り不便なものである。この不便をなくするためには，統計的に独立性をもつ因子，云い換えれば，お互に相関のない因子をもつてくる必要がある。この要求を満すものの一つに，統計学でいう所謂 Principle Component の概念がある。

## 2. 特性因子

今この Principle Component を仮に特性因子と呼ぶことにする。その理由は，後程説明することになるが，伐採地の性格の林型，地型などと云った概念的特性を表現するものと考えられるからである。

### 2.1 Principle Component の性質

Principle Component を求める方法である Component Analysis 法については，成書<sup>\*</sup>が沢山出版されているので，詳しいことはそれらにゆずるが，後程の議論のために，この Component の性質について簡単に述べておく。

今， $p$  個の基礎測度因子について  $n$  回の測定によつて得られた値を，

$$\begin{array}{ccccccc} X_{11}, & X_{12}, & \cdots & \cdots & \cdots & X_{1n} & \\ X_{21}, & X_{22}, & \cdots & \cdots & \cdots & X_{2n} & \cdots \cdots \cdots (II. 1) \\ \vdots & \vdots & & & & \vdots & \\ \vdots & \vdots & & & & \vdots & \\ X_{p1}, & X_{p2}, & \cdots & \cdots & \cdots & X_{pn} & \end{array}$$

とする。そして，各基礎測度因子の平均値  $\bar{X}_{i.}$  と標準偏差  $\sigma_{X_i}$  によつて，各々の値  $X_{ij}$  を規準化して

$$\begin{array}{ccccccc} x_{11}, & x_{12}, & \cdots & \cdots & \cdots & x_{1n} & \\ x_{21}, & x_{22}, & \cdots & \cdots & \cdots & x_{2n} & \cdots \cdots \cdots (II. 2) \\ \vdots & \vdots & & & & \vdots & \\ \vdots & \vdots & & & & \vdots & \\ x_{p1}, & x_{p2}, & \cdots & \cdots & \cdots & x_{pn} & \end{array}$$

を得たとする。ここに規準化するとは，

\* 例えば文献 (8)

$$x_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{\sigma_{xi}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_j X_{ij} \\ \sigma_{xi}^2 = \frac{1}{n} \sum_j (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 \end{array} \right\}$$

なる操作をして、尺度を揃えることである。元のデータ  $X_{ij}$  が正規分布  $N(\bar{X}_i, \sigma_{xi}^2)$  にしたがるものと仮定すれば、規準化されたデータ  $x_{ij}$  は規準正規分布  $N(0, 1)$  にしたがる。

そうすると、Principle Component  $\zeta_\alpha (\alpha=1 \dots p)$  は、

$$\zeta_{\alpha j} = l_{\alpha 1} x_{1j} + l_{\alpha 2} x_{2j} + \dots + l_{\alpha p} x_{pj} \dots \dots \dots (II. 3)$$

のような一次結合として表わされ、基礎測度因子の数と同数だけ求められる。

この Component  $\zeta_\alpha$  は、次のような性質をもっている。

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{n} \sum_j \zeta_{\alpha j} \zeta_{\beta j} = 0 \quad (\alpha \neq \beta) \\ \phantom{\frac{1}{n} \sum_j} = \lambda_\alpha \quad (\alpha = \beta) \end{array} \right\} \dots \dots \dots (II. 4)$$

すなわち相異なる Component  $\zeta$  の間に統計的独立性が成り立ち、各  $\zeta_\alpha$  の分散は  $\lambda_\alpha$  で表わされる。そしてまた、 $\zeta$  は規準化値  $x_{ij}$  の一次結合であるから当然、 $\sum_j \zeta_{\alpha j} = 0$  である。

また、係数  $l_{\alpha i}$  について、

$$\left. \begin{array}{l} \sum_i l_{\alpha i} l_{\beta i} = 0 \quad (\alpha \neq \beta) \\ \phantom{\sum_i} = 1 \quad (\alpha = \beta) \end{array} \right\} \dots \dots \dots (II. 5)$$

すなわち、行列 (II. 2) を  $p$  次元空間上に打たれた  $n$  個の点であると解するならば、

$$\begin{array}{ccccccc} \zeta_{11}, & \zeta_{12} & \dots & \dots & \zeta_{1n} & & \\ \zeta_{21}, & \zeta_{22} & \dots & \dots & \zeta_{2n} & & \\ \vdots & \vdots & & & \vdots & & \\ \zeta_{p1}, & \zeta_{p2} & \dots & \dots & \zeta_{pn} & & \end{array} \dots \dots \dots (II. 6)$$

は、 $x$  座標から  $\zeta$  座標への直交回転であり、

$$(l_{\alpha 1}, l_{\alpha 2}, \dots, l_{\alpha p}) \dots \dots \dots (II. 7)$$

は、新座標軸  $\zeta$  の方向余弦である。したがって、相異なる  $\zeta_\alpha$  は上述のような意味において、幾何学的にも直交しているのである。

今、 $\zeta_\alpha$  の分散  $\lambda_\alpha$  の大きなものから順に、( $\alpha=1, 2, \dots, p$ ) と番号をつけると  $\zeta_1$  軸上の分散は、他の如何なる座標軸上の分散よりも大きい。すなわち  $\alpha$  座標の直交回転によつて得られる座標軸のうち、その座標軸上の分散が最大であるような座標軸が  $\zeta_1$  である。また、 $\zeta_1$  に直交する空間上において最大の分散をもつ座標軸が  $\zeta_2$  である。また  $\zeta_3 \dots \zeta_p$  もこれに準ずる。

## 2.2 Component Analysis の例\* (その1)

1で第Ⅱ. 1表の計算に用いたデータによつて、Component Analysis を行つた結果を書くと、第Ⅱ. 2表の通りである。この表の数値は、一次係数  $\{b_{\alpha i}\}$  である。

第Ⅱ. 2表 各 Component の係数表

基礎測定因子	1st Component $\zeta_1$	2nd Component $\zeta_2$	3rd Component $\zeta_3$	4th Component $\zeta_4$	5th Component $\zeta_5$
1. 平均勾配	0,41080 ◎	-0,13613	-0,15034	0,31438	0,80950 ◎
2. 立木密度	-0,40006 ◎	-0,17945	-0,37225	0,07905	0,09892
3. 伐木密度	-0,50394 ◎	0,06665	-0,23080	-0,21698	0,32138
4. 平均胸高直径	0,05198	0,57256 ◎	0,08891	0,01401	0,12966
5. 胸高直径の分散	0,35635 ◯	0,24763	0,15224	-0,66540 ◎	0,19609
6. 平均樹高	0,06957	0,50806 ◎	-0,04882	0,60231 ◎	-0,12697
7. 立木材積密度	-0,39111 ◯	0,41074 ◯	-0,12566	-0,11816	0,28156
8. 平均枝下高	-0,28439	0,16109	0,63259 ◎	0,09997	0,10680
9. 平均枝数	0,22112	0,32078	-0,57976 ◎	-0,13505	-0,26378
各 $\zeta$ の分散 $\lambda$	3,05276	2,52172	1,32392	0,74323	0,49967
$\lambda$ の割合	0,33920	0,28019	0,14710	0,08258	0,05552
$\lambda$ の累計割合	0,33920	0,61939	0,76649	0,84907	0,90459
各 $\zeta$ の概念的意味	立木成立状態 又は分布状態	伐採木の 大きさ	樹形	林型	地型 (平均勾配)

\* 附録に全データを掲載した。

例えば，1st Component  $\zeta_1$  の各値は，

$$\begin{aligned}\zeta_{1j} = & 0.41080 x_{1j} - 0.40006 x_{2j} - 0.50394 x_{3j} \\ & + 0.05198 x_{4j} + 0.35635 x_{5j} + 0.06937 x_{6j} \\ & - 0.39111 x_{7j} - 0.28439 x_{8j} + 0.22112 x_{9j} \\ & (j = 1, 2, \dots, n)\end{aligned}$$

で表わされる。

ところで，今，第Ⅱ．2表の顕著な大きさを示す係数に◎印，次に顕著なものに○印をつけてみたのであるが，これらの係数は，各一次結合の表わす座標軸の方向余弦であるということから，各々の Component  $\zeta$  について，次のような解釈が成り立つと考えてもよいのではないだろうか。

第1 Component ……一般的な立木成立状態（又は分布状態）

この Component は，主として平均勾配，立木密度<sup>伐木密度</sup>，立木材積密度及び胸高直径の分散の五つの因子によつてあらわされている。ここで平均勾配を除いてみれば，これは，一般的な立木成立状態（又は分布状態）をあらわしているものと考えられてもよい。ここで問題となるのは，平均勾配の係数が大きいことを，どう解釈するかと云うことである。後に述べるが，第5 Componentが純粋に平均勾配をあらわすものであること，及び，次例において，同じく立木成立状態を表わす Component において，この平均勾配の係数が小であることから，この資料をとつた地域の局所の特徴として，立木の分布状態が勾配との関連性をもっていること，すなわち，勾配の急緩によつて，分布状態が異なることを示しているものであると考えればよいと思われる。

それ故，この第1 Component に伐採地の第1の概念的特性として，一般的な立木成立状態（あるいは分布状態）という名称を与えておこう。すなわち立木成立状態はこの  $\zeta_1$  によつて指標的に表わされるものであると考えるのである。

先ず各係数の符号についてみると平均勾配と胸高直径の分散が正で，他の密度を表わす三つの因子の係数については負である。それ故に， $\zeta_1$  が小であることは，立木密度（スギ広葉樹を含めたDBH 10 cm以上の立木について）も，伐木密度（スギの大体16 cm以上の形質のよいもの）も，立木材積密度（伐採木のみ）も共に密であり，しかも胸高直径の分散が小，すなわち，

木の大きさが比較的揃っているということである。そして概して、このような所は、勾配が比較的ゆるいということを表わしているのである。また逆に  $\zeta_1$  の値が大であることは、勾配の急な所で、立木密度<sup>伐木密度</sup>、立木材積密度は共に粗であつて、木の大きさも不揃いであるということを示しているのである。

実際、現地は、スギ、広葉樹の天然混交林で伐採木であるスギが比較的勾配のゆるい尾根筋に集中しており、山腹の急斜面では、広葉樹を可成り多く含んだ粗林である場合が多かつたのである。このような芦生の天然林型の特徴を、この Component  $\zeta_1$  の平均勾配の係数が大きいことによつてよく表わしていると云える。

#### 第2 Component …… 伐採木の大きさ

この Component は、主成分として、平均胸高直径、平均樹高及び前二者に比べて、多少その係数は小さいが立木材積密度によつて表わされている。立木材積密度を除いて考えると、平均胸高直径と平均樹高の係数の符号が同符号であるから、明らかに、伐採木の平均的大きさを示しているものと考えられる。ただし平均胸高直径も平均樹高も共に伐採木についてのみ測られたものである。

ところで、立木材積は、胸高直径と樹高の函数として計算されるものであること、および、この第2 Component の伐木密度の係数が非常に小さいこと、すなわち、この Component が、伐木密度と殆ど無関係であるということから、立木材積密度の係数が大きな値を示すということは、けだし、当然の帰結であらう。

以上のことから、この第2 Component は、伐採木の大きさという概念を表現するものであると考えられる。

この第2 Component の各係数を第1のものと比較してみると、この  $\zeta_2$  では主成分である胸高直径と樹高の第1のものの係数は殆ど無視出来る位小さい。この事実は、この  $\zeta_2$  の伐採木の大きさという概念的特性が  $\zeta_1$  の立木成立状態という概念的特性に対して非常に強い独立性をもつものであることを示しているのである。

#### 第3 Component …… 樹形

これは、平均枝下高と平均枝数によつて、主に表現されているものである



から、多少一般に使われている意味とは違つた感じを与えるかも知れないが、これを樹形という概念的因子を表わす特性因子であると考えておこう。

一般に樹形と云えば、木の曲り具合だとか、主幹が完満であるとか、ウラボケであるとかいう意味に用いられる場合が多いようであるが、こゝでは、スギの木の数と枝下高によつて表わされる形質を樹形と呼ぶわけである。枝数と枝下高は主幹の形と非常に強い関係をもつものであるから、この名称はあながち見当ちがいのものではないであらう。 $\zeta_3$  の値が大なる程、枝下高が高く枝数が少ないことであり、このような形質のものは、概して形質が良好であると云われることが多いようである。

この樹形という概念的特性も、第3 Component の平均胸高直径と平均樹高の係数が無視出来る位小さい所から、伐採木の大きさという概念に対して強い独立性をもつていてと考えられる。

#### 第4 Component ……………林型

主として、胸高直径の分散と平均樹高によつて表わされている。係数の符号は、前者が負で、後者が正である。それ故、このComponent  $\zeta_4$  の表わす座標軸上で値が大なることは、胸高直径の分散が小で、平均樹高が大であることである。また小なることは、胸高直径の分散が大で、平均樹高が小であることである。平均樹高が高く、直径のバラツキが小さい、すなわち、木の大きさが比較的揃つてゐるということは、その林が一斉林型をなしているということである。一方、その逆に、バラツキが大きく、平均樹高が小であるということは、すなわち、不斉林型であるということを示しているものであると考えられる。しかし、このような特性は、このComponent の平均胸高直径の係数が小であることから、伐採木の大きさとは無関係に存在するものである。

もつとも、このようなことを、はつきり結論づけるためには、このような過成熟な天然林である場合においては、樹木の上長成長にある程度の限界があり、しかも、胸高直径と樹高との間に可成りの相関関係があるという条件が成り立たなくてはならないのであるがこの場合、この資料の相関行列である第Ⅱ. 1表から平均胸高直径と平均樹高の相関係数が0.667と高く、また上長成長の限界の存在は普通一般に常識として認められていることである

ので、上述の考えは、十分妥当なものだと思われる。

それ故に、この Component  $C_4$  は、一斉林型 $\longleftrightarrow$ 不斉林型の林型の推移程度を表わしているものとして、林型という概念を表現するものであると考えよう。

#### 第5 Component ……地型（平均勾配）

既に、この Component の分散  $\lambda$  は、0.4997 と可成り小さくなっているが、殆ど平均勾配のみによつて表現されていることが、非常に顕著にあらわれているので、地型あるいは平均勾配という概念的特性を表わすものとして、とりあげておきたい。

第6～第9 Component はいずれも、その分散が小さく、また十分に林学的概念によつて意味づけることが出来る程顕著な傾向を示さないので、その解釈は却つて無意味である。しかし、既に第5 Component までで、全分散の90%余を占めているのであるから、以上の五つの Component は、九個の基礎測定因子によつて表現されている伐採地の性格の全貌を十分に表現し尽していると考えても差支えない。

幾何学的に云えば、元の9次元の $\alpha$ 座標であらわされていたものは、実は、5次元の $\zeta$ 座標で十分表現されうるものであつたと考えられる。

以上の考察によつて、兎に角ここでは、各 Component が独立に、

立木成立状態、伐採木の大きさ、樹形、林型、地型  
という五つの概念的特性を、それぞれ表わすものであると結論しうるようである。そしてこの五つの特性は、Principle Component 自体の性質から、お互に無相関、すなわち、統計的な独立性をもっているわけである。

上に述べてきたような考察が、仮に真実であるとするならば、これらの Component は、統計的に独立であつて、しかも、それぞれ異つた伐採地の概念的内部的特性を表現しているので、伐採地の性格の表現法として、非常に便利なものである。

さらに、上述の結果が偶然的なものか否かを検べるために、もう一例について同様な考察を試みよう。

### 2.3 Component Analysis\* の例(その2)

これも、1961年に京大の芦生演習林のスギ広葉樹混交天然林でとつた資料であるが、上例と同様に、伐採木10本を含み、傾斜の一樣な約200~400m<sup>2</sup>のプロット16個所からとつたものである。この資料は、2.2のものとは、全く異なるものである。基礎測度として、平均勾配、伐木密度、平均胸高直径、胸高直径の分散、平均樹高、立木材積密度の6因子をとつた。この資料の相関行列は、第Ⅱ.3表の通りである。

第Ⅱ.3表 基礎測度因子間の相関係数(データ数16)

	1 平均 勾 配	2 伐 木 密 度	3 平均胸 高直径	4 胸高直径 の分散	5 平 均 樹 高	6 立木材 積密度
1. 平 均 勾 配	1,0000	-,0468	,1185	-,0404	,3385	-,0375
2. 伐 木 密 度	-,0468	1,0000	-,4518	,1135	-,4678	,6555
3. 平均胸高直径	,1185	-,4518	1,0000	,5349	,8118	,3375
4. 胸高直径の分散	-,0404	,1135	,5349	1,0000	,2191	,6508
5. 平 均 樹 高	,3385	-,4678	,8118	,2191	1,0000	,1986
6. 立木材積密度	-,0375	,6555	,3375	,6508	,1986	1,0000

そうして、Component Analysisの結果得た Principle Componentの係数の値を表にすると、第Ⅱ.4表のようになる。

上例と同様に、非常に顕著な大きさを示す係数には◎印、次に顕著なものには◦印をつけた。この印をたどつて、各Componentについて考察してみよう。

\* 附録に全データを記載した。

第Ⅱ. 4表 各Componentの係数表

	1st Comp. $\zeta_1$	2nd Comp. $\zeta_2$	3rd Comp. $\zeta_3$	4th Comp. $\zeta_4$
1. 平均勾配	0.1619	-0.1691	0.9020 ◎	-0.3306
2. 伐木密度	-0.1935	0.6309 ◎	0.3030	0.2561
3. 平均胸高直径	0.6040 ◎	-0.1052	-0.1649	0.0867
4. 胸高直径の分散	0.4236 ◦	0.3741 ◦	-0.2056	-0.7092 ◎
5. 平均樹高	0.5429 ◎	-0.2455	0.1320	0.4798 ◦
6. 立木材積密度	0.3121	0.6017 ◎	0.0887	0.2904
各々の分散 $\lambda$	2.4558	1.9624	1.0177	0.4602
$\lambda$ の割合	0.4093	0.3207	0.1696	0.0767
$\lambda$ の累計割合	0.4093	0.7300	0.8996	0.9763
各々の概念的 意味	伐採木の 大きさ	立木成立 状態	地型 (平均勾配)	林型

## 第1 Component .....伐採木の大きさ

平均胸高直径と平均樹高の係数が、顕著に大きいこと及びこの二つが同符号であるところから、このComponentは、伐採木の大きさを表わすものと考えてもよい。これは、前例の第2 Component と対比さるべきものである。

## 第2 Component .....立木成立状態（又は分布状態）

主として立木材積密度と伐木密度によつて表わされており、これは明らかに立木成立状態（あるいは分布状態）という概念を表わしているものと考えられる。

これを、前例の第1 Component と対照させてみると、その符号は、殆ど一致した傾向をもっているが、この例では、前例のように勾配との強い関連性は見られないのである。前例において勾配を本質的に、そのComponentの表わす概念的意味の根拠となるものとして取扱わず、単に、その立木成立状態という特性の地域的局所的特徴であると結論したのは、この結果を考慮対照したからである。

## 第3 Component .....地型（平均勾配）

このComponentは、殆ど平均勾配だけによつて表わされているものであ

るから、前例の第5 Component と同じく地型（平均勾配）を表わす特性因子として取扱うことが出来る。

#### 第4 Component ……………林型

主として、胸高直径の分散と平均樹高によつて表わされているもので符号も前例の第4 Component と同じく、胸高直径の分散に対して負、平均樹高に正となつている。それ故、前例の場合と同様に一斉林型 $\longleftrightarrow$ 不斉林型の推移程度を表わすものとして、林型という概念によつて表現する。

ただ、前例では、この代表的な二つの因子の係数が同程度の大きさを示したのに、今度は、平均樹高の係数がやゝ小さい。

以上の四つの Component の分散の和は、全分散の98%強を占めるから、ここにとり上げられた六つの基礎測度因子によつて表現される性格は、上の四つの Component によつて十分表現し尽すことが出来るわけである。

かくの如くに、この例においても、各 Component は、上例において見られたと全く同じ様な特性を表現していることが分る。たゞこの例では、樹形に関する基礎測度が入っていないので、それに相当する Component はない。しかし、他の四つの Component は、その分散の大きさの順序は異つているが、そこに、読み取られる概念的意味において全く一致している。

このような一致は、上例においてみられた五つの独立な概念的特性が伐採地の内部的性格として、確かに存在していそうだということが、少なくとも偶然以上のものであると結論するに足るものであろう。

#### 2.4 伐採地の内部的特性による分類

前二例に示したように、伐採地の呈する多種多様な様相は、Principle Component の概念によつて、いくつかの独立な概念的特性にまとめ上げることが出来る。

しかし、上に抽出された五つの特性

立木成立状態、伐採木の大きさ、樹形、林型、地型

が、伐採地の性格の全てを表現しうるものであるという結論は、むしろ出し得ないのであつて、基礎測度のとり方や対象林地の違いによつて、もつと他の概念的性格を見出す可能性は、十分あるのである。

さて、ここに述べられた五つの Principle Component を本節初頭にも

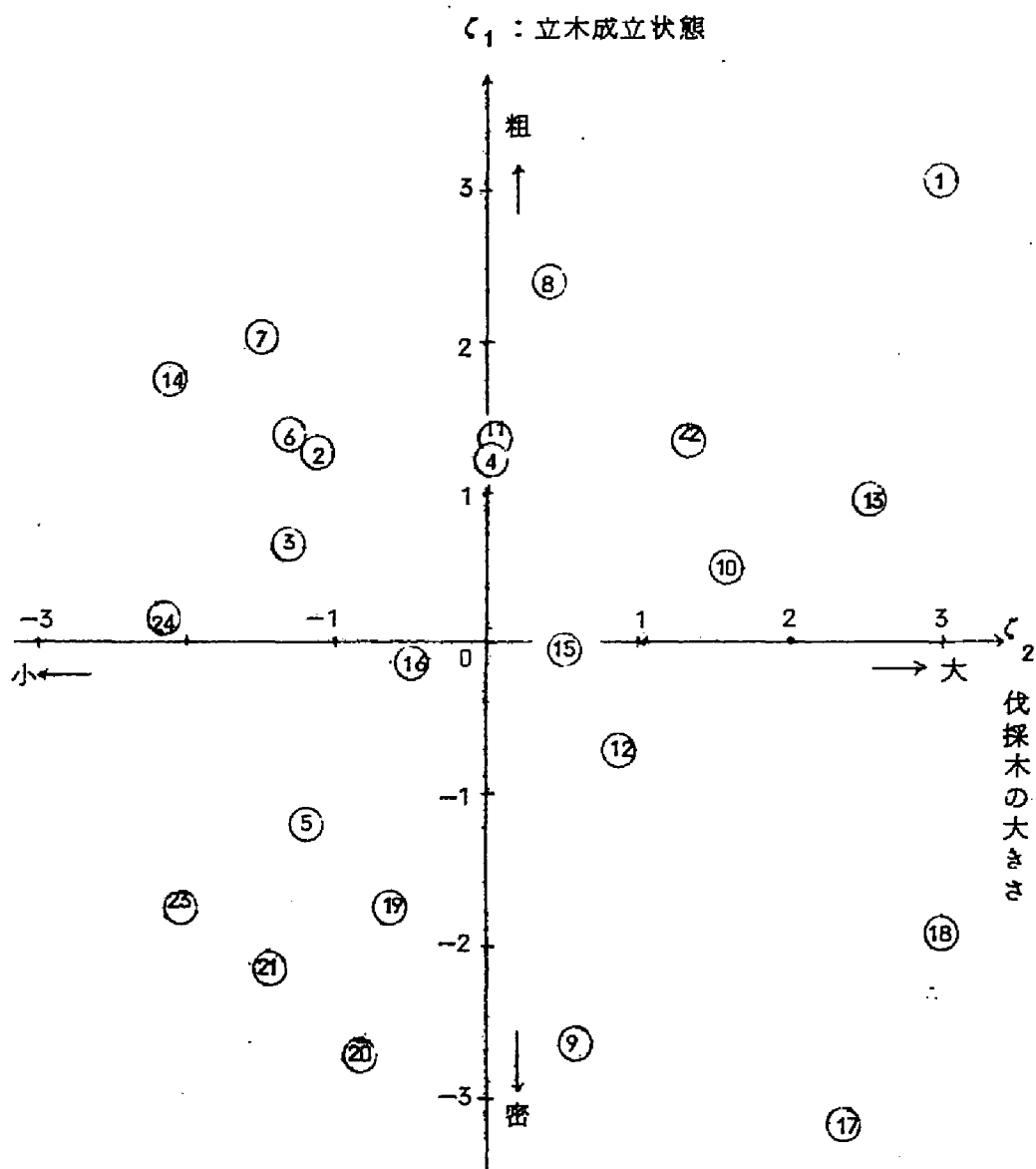
述べたように、伐採林地の特性をあらわすと云う意味で、特性因子と呼ぶことにし、これを伐採地の各内部特性を表現する測度とする。

この特性因子は前にも再三述べたように、統計的に独立、すなわち、お互に無相関であるという特徴をもつので、それぞれ単独に取扱うことが出来る。それ故、作業工程との関連性や伐採地自体の性格の変動について論議するとき、基礎測度をそのまま用いるときのような不都合は起らないわけである。

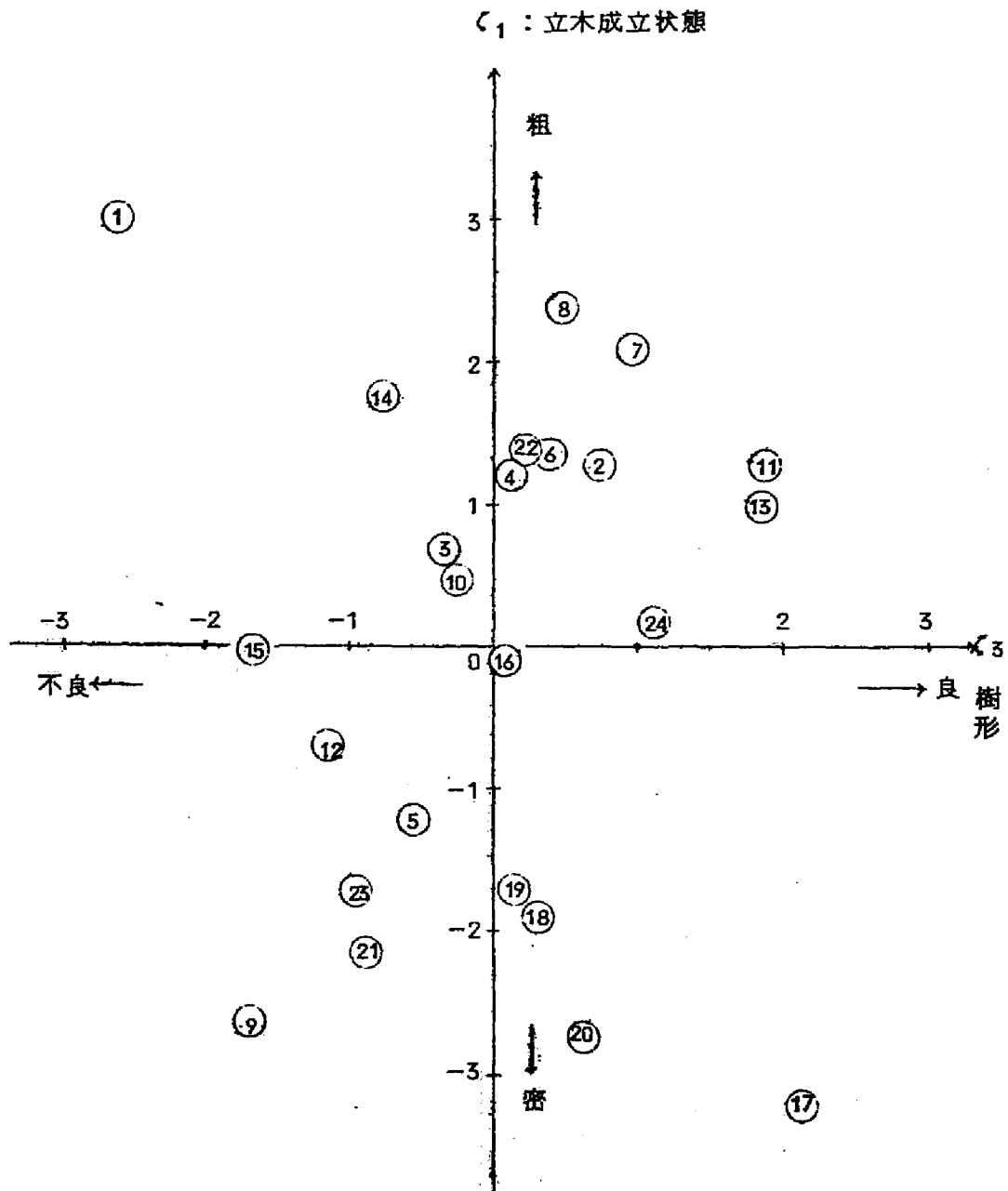
このような特性因子を用いれば、伐採地をその内部特性によつて分類することが出来る。すなわち、各特性因子 $k_i$ の値を比較することによつて、各林地の類似性あるいは相異点がどこにあるかを、知ることが出来るのである。

例として、2.2に用いた24個の各調査プロットの特性因子の値を $k$ 座標上に書いてみよう。この例では、五つの特性因子によつて、表現されているので、5次元空間上の点として、24プロットが表わされるのであるが、紙上には書けないから、二因子ずつ取上げて別々に書くと、次の四つの図のようになる。

第Ⅱ、5図は、ちなみに、各プロットが、実際林地のどの位置にあつたかを示すものである。これだけのものを書いておけば、実際、林地が相対的にどのような姿をしているか、を想像することが出来ると思う。

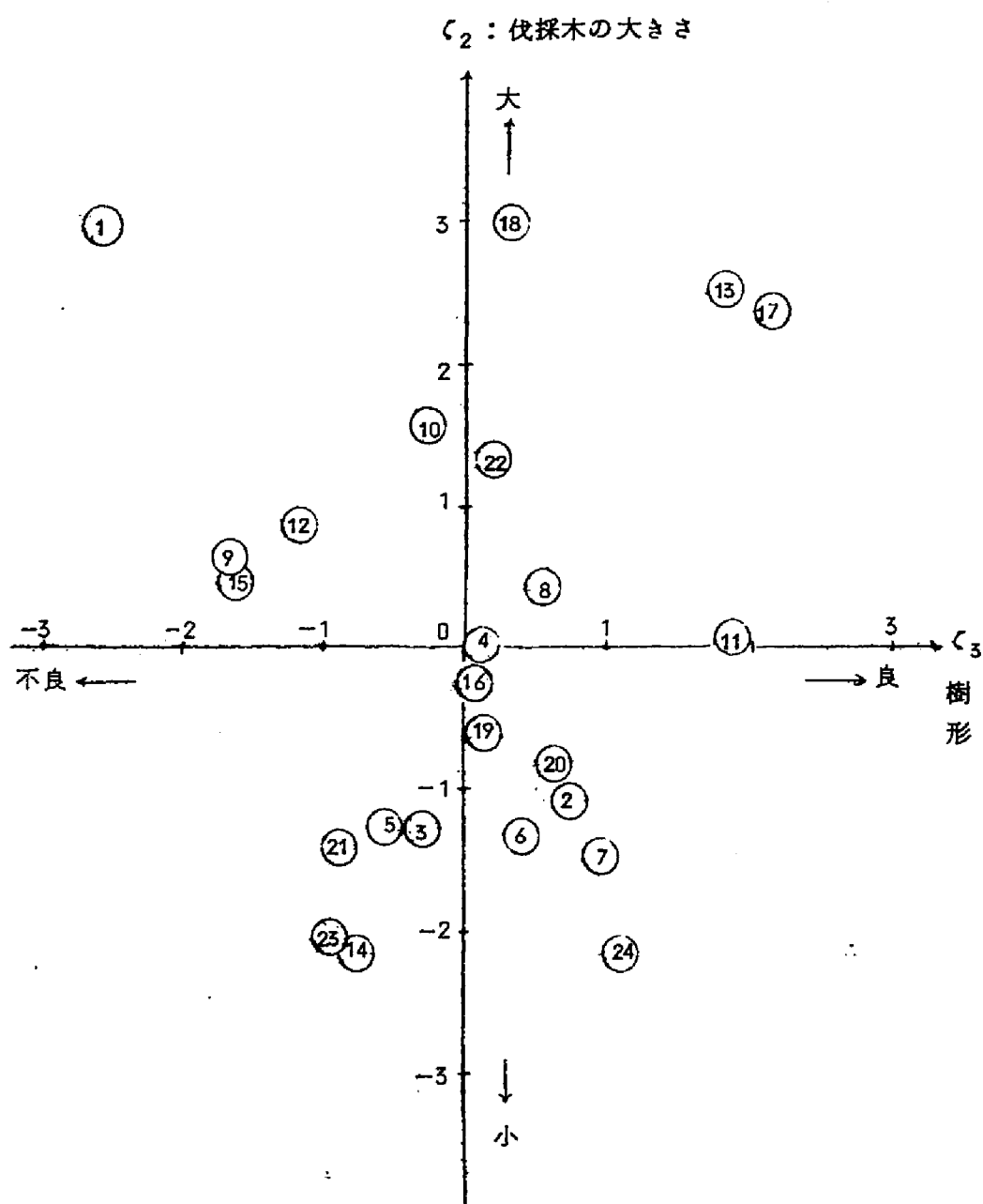


第Ⅱ. 1図 各プロットの特徴値(その1)

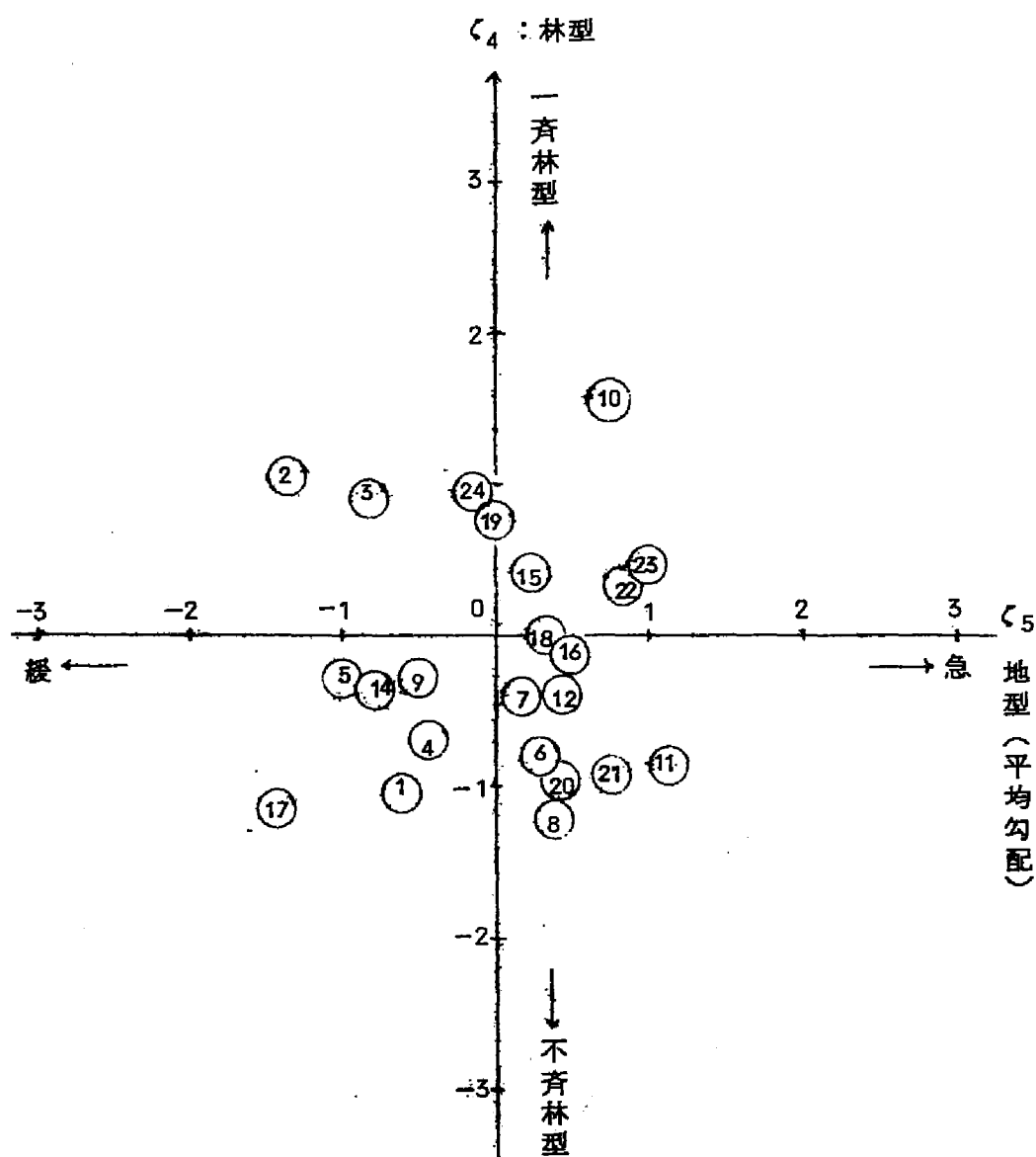


第1. 2図 各プロットの特性値 (その2)

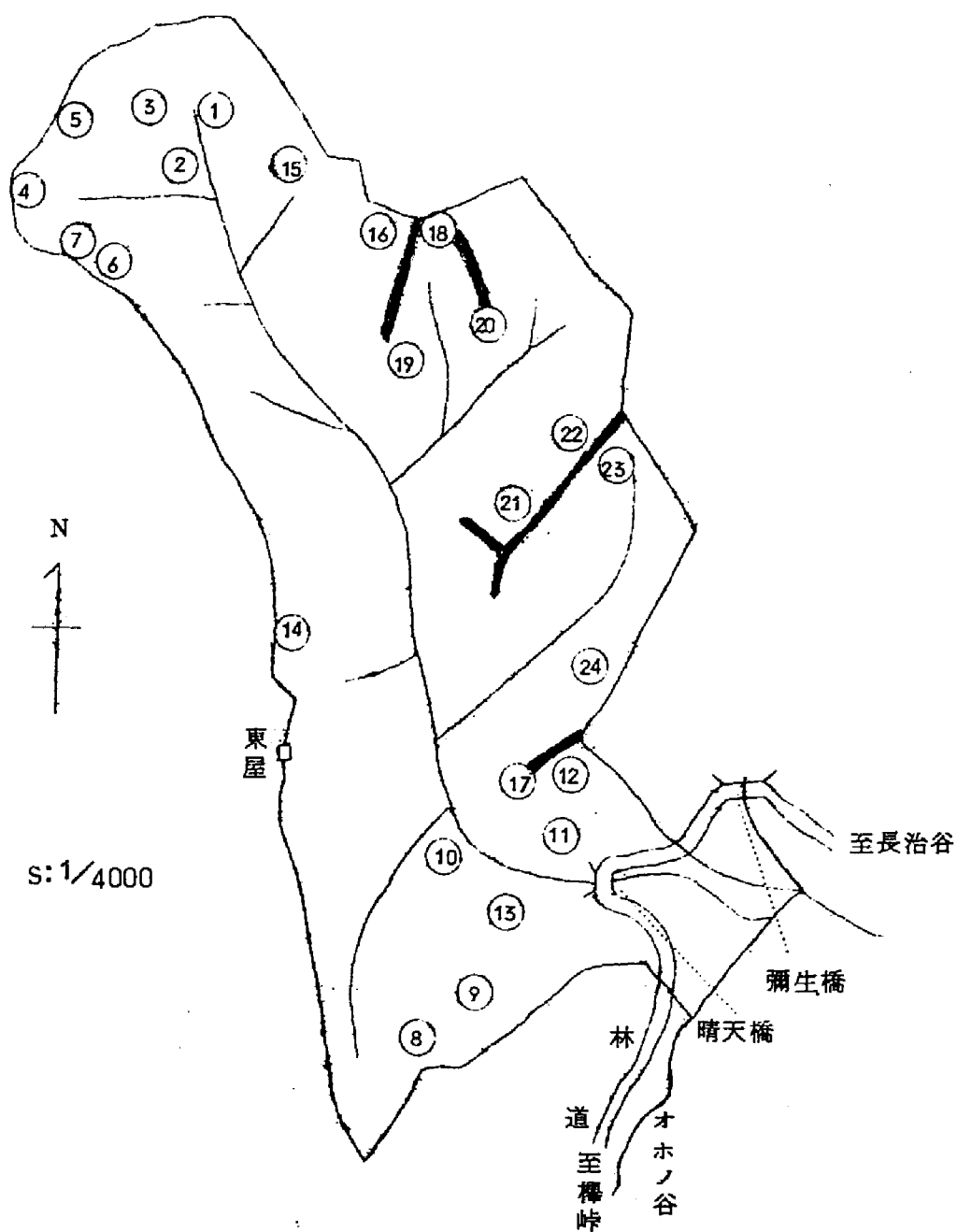




第Ⅱ. 3図 各プロットの特徴値 (その3)



第Ⅱ．4図 各プロットの特徴値 (その4)



第Ⅱ. 5図 調査プロット位置図

( 芦生第16林班, 1961年度伐採地 )

( 12.512 ha )

### 3. 規 範 因 子

前節においては、基礎測度において見られる各因子間の非独立性という不都合を除くために、特性因子という表現法を提案し、またそこに、伐採地のもつ内部的概念的特性のいくつかを浮き彫りにしたのであるが、しかしそれは、いくつかの基礎測度の把えうる伐採地の性格内部にのみ視野を限つた議論であつた。この節では、視角を変えて、伐採地を外面的に視た全体的な性格を表現する一方法について述べる。具体的には、伐採地の性格を何か他の因子、あるいは目的といったものとの関連性において、表現する方法である。

今、この論文では、この「他の因子」として、作業工程だけを取りあげて論じたいと思う。勿論、その他の作業強度であるとか、あるいは、特定の要素作業の百分率であるとか、とにかく、数値で表わされるものなら何でもよいのであるが、本論文では、伐採地の性格と、作業工程ということを中心として、特に作業工程との関連性において、この伐採地の性格の表現法を述べようとするのである。

この表現法を端的に述べれば、伐採地の性格をあらわす因子群と、作業工程を表わす因子群との相関関係が最も大きくなり、また、最も簡単な関係を示すような伐採地の性格を表現する方法であると云えるであろう。こゝに用いる分析手法は、統計学的には、Canonical Analysis法と呼ばれる方法である。そうして、この方法によつて求められる因子を Canonical Factor あるいは規範因子と呼ぶのである。

#### 3.1 規範因子の性質

Canonical Analysis法に関しては、成書が<sup>\*</sup>多数出版されているが、後程の議論のためにこの方法によつて求められる規範因子の数学的性質についての概要を述べておく。

今、作業工程を表わす  $p$  因子の規準化値を

$$y_1, y_2, y_3, \dots, y_p,$$

新しく求められる作業工程を表わす規範因子 ( $p$  個求められる) を

$$\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \dots, \zeta_p$$

---

\*例えば、文献 (7), (8)

伐採地の性格を表わす  $q$  個の基礎測度因子の規準化値を

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_q$$

(今, 簡単のために  $p \leq q$  と仮定しておく) とし, その規範因子 ( $p$  個求められる) を

$$\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_p$$

とすると, 各規範因子は基礎測度の一次結合として,

$$\zeta_i = \alpha_{i1}y_1 + \alpha_{i2}y_2 + \dots + \alpha_{ip}y_p \quad \dots\dots\dots (\text{II. } 8)$$

$$\eta_i = \beta_{i1}x_1 + \beta_{i2}x_2 + \dots + \beta_{iq}x_q \quad \dots\dots\dots (\text{II. } 9)$$

$$(i = 1 \quad \dots\dots\dots p)$$

のように表わされる。各  $\eta_i$  が伐採地の性格を表わす規範因子である。

これらの  $\zeta_i, \eta_i$  ( $i = 1 \quad \dots\dots\dots p$ ) の性質として,

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{n} \sum (\zeta_i \zeta_j) &= 0 \quad (i \neq j) \\ &= 1 \quad (i = j) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (\text{II. } 10)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{n} \sum (\eta_i \eta_j) &= 0 \quad (i \neq j) \\ &= 1 \quad (i = j) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (\text{II. } 11)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{n} \sum (\zeta_i \eta_j) &= 0 \quad (i \neq j) \\ &= \lambda_i \quad (i = j) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (\text{II. } 12)$$

が成立し,  $y_i, x_i$  がいずれも規準化値であるから,

$$\sum_j^n \zeta_{ij} = \sum_j^n \eta_{ij} = 0 \quad \dots\dots\dots (\text{II. } 13)$$

も成立する。但し,  $n$  はデータ数である。

サブスクリプト  $i$  は (II. 12) 式の  $\zeta_i$  と  $\eta_i$  の相関係数  $\lambda_i$  の値の大きい方から順に番号をつける。そうすると  $\lambda_1$  は基礎測度の一次結合として得られる  $\eta$  の相関係数のうち最大なるもので, それに相当する規範因子が,  $\zeta_1, \eta_1$  である。そうして,  $\zeta_2, \eta_2$  は,  $\zeta_1, \eta_1$  との間に (II. 10. 11. 12) の関係を満足するもののうち, 最大の相関係数  $\lambda_2$  をもつ規範因子

である。  $i=3, 4, \dots, p$  の場合も、これに準ずる。

また (11.10, 11, 12) 式は、作業工程、伐採地の性格のいずれの表現であるかに拘わらず、各規範因子は、お互に統計的に独立であるということを表わしているのである。但し、相対する  $\zeta_i$  と  $\eta_i$  の相関係数は、最大値を示す。

規範因子の性質は、以上のようなものであるが、これらを利用すれば、作業工程との相関を最大にするような伐採地の性格の表現法として、この  $\eta_i$  を用いることが出来るだろう。この方法は、いわば、外部的要求に対する合目的表現とでも云うべきものである。

しかし、この規範因子では、特性因子に見られたような幾何学的直交性は成立しない。また、それ自体の内部構造からの意味づけということも期待できない。

### 3.2 Canonical Analysis の例

規範因子の例として、2.2、2.3の特性因子の例に用いたのと同じ資料によつて計算した結果を掲げよう。

2.2の場合と同じ資料により、根切り作業（伐倒・枝払・剥皮）の工程についての計算の結果は、第Ⅱ. 5表の通りである。表中の数値は、一次結合の係数  $\alpha_{ij}$  及び  $\beta_{ij}$  の値である。例えば、

$$\zeta_1 = 0.99176 y_1 + 0.26652 y_2$$

$$\eta_1 = -0.43581 x_1 - 0.03074 x_2 + \dots + 0.04182 x_9$$

である。そうして、この  $\eta_1$  を伐採地の性格を表わす測度として用いるのである。この場合作業工程（根切り作業：伐倒・枝払・剥皮）を表わす基礎測度として、

$y_1$  : 実働1時間1人当り出来高（立木材積）

$y_2$  : 実働率 =  $\frac{\text{延実働時間}}{\text{延作業時間}} \times 100$

を用いている。

さらに、2.3に用いた資料によつて、玉切り作業工程に対して計算した結果が、次の第Ⅱ. 6表である。

第Ⅱ．5表 根切り作業工程に対する規範因子の係数表

根切り作業工程	$\zeta_1$	$\zeta_2$
1. 実働1時間1人 当り出来高	0.99176	-0.16502
2. 実働率	0.26652	0.96939
基礎測定因子	$\eta_1$	$\eta_2$
1. 平均勾配	-0.43581	-0.41480
2. 立木密度	-0.03074	0.09985
3. 伐木密度	-1.06658	0.71208
4. 平均胸高直径	-0.64298	0.92554
5. 胸高直径の分散	0.12160	0.16747
6. 平均樹高	0.16393	-0.18065
7. 立木材積密度	1.44701	-1.59227
8. 平均枝下高	0.41783	0.20476
9. 平均枝数	0.04182	-0.62469
$\zeta, \eta$ 間の相関 係数 $\lambda$	0.8760	0.5042

第Ⅱ．6表 玉切り作業工程に対する規範因子の係数表

玉切り作業工程	$\zeta_1$	$\zeta_2$
1. 実働1時間1人 当り出来高	0.3688	0.9344
2. 実働率	0.9657	-0.2775
基礎測定因子	$\eta_1$	$\eta_2$
1. 平均勾配	-0.1337	0.0003
2. 伐木密度	-2.9841	-3.3833
3. 平均胸高直径	-1.8698	-0.4212
4. 胸高直径の分散	-0.5538	-1.4393
5. 平均樹高	-0.9782	-1.0952
6. 立木材積密度	3.5051	3.6350
$\zeta, \eta$ 間の相関係数 $\lambda$	0.8864	0.6395

この場合にも、作業工程（玉切り作業）を表わす基礎測度として、

$y_1$  : 実働1時間1人当り出来高（この場合も立木材積）

$y_2$  : 実働率

を用いている。

さて、上の二つの Canonical Analysis の結果を見ると、各々の伐採地の性格を表わす規範因子  $\eta$  のいずれに対しても、特性因子に関して見られたような概念的意味づけをすることは不可能なようである。しかし作業工程を表わす規範因子  $\zeta$  の方に関しては、明らかな意味づけができる。

今、第Ⅱ、5表の方について述べれば、 $\zeta_1$  は殆ど実働1時間1人当り出来高（今後、単に出来高と呼ぶこともある）を表わし、一方、 $\zeta_2$  が実働率の方を表わしているものと見なすことが出来る。すなわち、出来高と実働率はほぼ独立なものとして取扱つてもよいわけである。したがつて  $\eta_1$  は、出来高との相関が、最も強い伐採地の性格の測度であり、一方、 $\eta_2$  は、実働率に対して最も強い相関を示す伐採地の性格の測度である。

また、第Ⅱ、6表の方についても同様な解釈をすることが出来る。すなわち、 $\eta_1$  は、実働率に、 $\eta_2$  は出来高に、それぞれ最も強い相関を示す伐採地の性格の測度である。



## Ⅲ 伐採地の性格の作業工程に及ぼす影響

前章において伐採地の性格の表現法として統計的に独立な因子による二つの方法，すなわち，内部的な特性を表わす特性因子および外部的要求に対する合目的な全体的測定としての規範因子が提案され，それらによつて，兎に角，いくつかの伐採地の性格を浮き彫りすることが出来た。

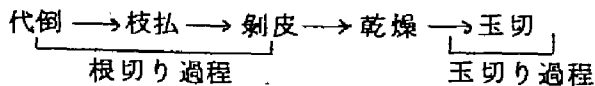
それでは，こゝに，内部的あるいは全体的に捉えられた伐採地の性格が，伐木造材作業工程にどのような影響を与えるものであるかという問題について論じよう。

### 1. 内部的特性の作業工程に及ぼす影響

前章2.2の例によつて，他は兎に角，伐採林地自体の性格の中には，その性格全体を形成している内部構成因子的な特性として，少なくとも，立木成立状態，伐採木の大きさ，樹形，林型，地型（平均勾配）という五つの概念的特性が含まれているということがほぼ確実であるようであるが，この節では，それらの特性が伐木造材作業工程にどのような影響を与えているものであるかということの前章に用いたのと同じ資料によつて分析してみよう。

#### 1.1 根切り作業工程についての分析例

先ず，前章において用いられた調査資料による分析結果を書く。この資料をとつた調査地——芦生演習林第16林班——は，前述したように，スギと広葉樹の混交天然林であつたが，伐採対象はスギだけに限られていたので作業順序としては，



という順序がとられた。したがつて，この伐採作業は，中間に入っている乾燥過程によつて二分され，伐倒・枝払・剥皮の三要素作業を含む根切り作業と玉切り作業が別々の独立した過程をなしていた。それゆゑ，この二過程を別々に取り扱うことにして，本節では，先ず根切り作業の場合について述べ

\* 附録参照

る。

この調査においては、実験計画として作業組4組（3名1組）と使用機械の種類3種（手挽き鋸，McCulloch1-50，およびStihl）を二元配置に割りつけた型にしてあるのであるが，本章の目的は，環境因子である伐採地の性格の影響について述べることにあるので作業組・機種といった実験因子については詳しく述べないでおく。

今，根切り作業の出来高を立木材積で表わし，作業工程を実働1時間1人当り出来高（単に出来高とのみ書く場合もある）と実働率によつて表わすことにし，その各々に対して前章2・2において得られた五つの特性因子

- $\zeta_1$ ：立木成立状態
- $\zeta_2$ ：伐採木の大きさ
- $\zeta_3$ ：樹形
- $\zeta_4$ ：林型
- $\zeta_5$ ：地型（平均勾配）

によつて分散分析すると，その結果は第Ⅲ・1表，第Ⅲ・2表のようになる。

この各々は第Ⅱ・2表の係数によつて作られる一次結合である。

第Ⅱ・2表 各Componentの係数表

基礎測定因子	1st Component $\zeta_1$	2nd Comp. $\zeta_2$	3rd Comp. $\zeta_3$	4th Comp. $\zeta_4$	5th Comp. $\zeta_5$
1.平均勾配	0.41080◎	-0.13613	-0.15034	0.31438	0.80950◎
2.立木密度	-0.40006◎	-0.17945	-0.37225	0.07905	0.09892
3.伐木密度	-0.50094◎	0.06665	-0.23080	-0.21698	0.32138
4.平均胸高直径	0.05198	0.57256◎	0.08891	0.01401	0.12966
5.胸高直径の分散	0.35635○	0.24763	0.15224	-0.66540◎	0.19609
6.平均樹高	0.06937	0.50806◎	-0.04882	0.60231◎	-0.12697
7.立木材積密度	-0.39111○	0.41074○	-0.12566	-0.11816	0.28156
8.平均枝下高	-0.28439	0.16109	0.63259◎	0.09997	0.10680
9.平均枝数	0.22112	0.32078	-0.57976◎	-0.13505	-0.26378
各々の分散 $\lambda$	3.05276	2.52172	1.32392	0.74323	0.49967
$\lambda$ の割合	0.33920	0.28019	0.14710	0.08258	0.05552
$\lambda$ の累計割合	0.33920	0.61939	0.76649	0.84907	0.90459
各 自 の 概 念 的 意 味	立木成立状態 又は分布状態	伐採木の 大きさ	樹 形	林 型	地 型 (平均勾配)

第Ⅱ・1表 根切り作業実働1時間1人当り出来高  
に対する各特性による分散分析表

要 因	d.f.	S.S.	M.S.	F <sub>18</sub> <sup>1</sup>
ζ <sub>1</sub> :立木成立状態	1	0.16587	0.16587	78798*
ζ <sub>2</sub> :伐採木の大きさ	1	0.37175	0.37175	17.6603**
ζ <sub>3</sub> :樹 形	1	0.04946	0.04946	23496
ζ <sub>4</sub> :林 型	1	0.00000	0.00000	0.0000
ζ <sub>5</sub> :地 型	1	0.03404	0.03404	1.6171
e	18	0.37888	0.02105	
T	23	1.00000		

第Ⅱ・2表 根切り作業実働率に対する各特性  
による分散分析表

要 因	d.f.	S.S.	M.S.	F <sub>18</sub> <sup>1</sup>
ζ <sub>1</sub> :立木成立状態	1	0.01267	0.01267	0.2976
ζ <sub>2</sub> :伐採木の大きさ	1	0.01155	0.01155	0.2713
ζ <sub>3</sub> :樹 形	1	0.19215	0.19215	45137*
ζ <sub>4</sub> :林 型	1	0.00764	0.00764	0.1794
ζ <sub>5</sub> :地 型	1	0.00973	0.00973	0.2285
e	18	0.76626	0.04257	
T	23	1.00000		

表中の\*は5%有意,\*\*は1%有意を示す。

出来高に対する分散分析表第Ⅱ・1表から,根切り作業の実働1時間1人当り出来高に対しては,立木成立状態ζ<sub>1</sub>及び伐採木の大きさζ<sub>2</sub>が有意である。

今,この出来高をy<sub>1</sub>とすれば

$$y_1 = -0.23310\zeta_1 + 0.38396\zeta_2 + A\sigma \dots\dots\dots (Ⅱ・1)$$

$$\sigma^2 = 0.46238 \quad A \in N(0,1)$$

\*特性因子ζは,その性質としてその和が0で相異なる因子間の相関係数も0であるからζを直交比較の係数としてとりあつかい平方和の分解をすることが出来る。

なる実験式が得られる。こゝで  $y_1$  は規準化されたものであつて無名数であり、 $y_1 \in N(0,1)$  すなわち規準正規分布にしたがうということが仮定されている。

$\zeta_1$  と  $\zeta_2$  は、前章で説明したように統計的にも幾何的にも直交しているから (Ⅱ・1) 式の関係を各項毎にグラフに書くと第Ⅱ・1図、第Ⅱ・2図のようになる。

この二つの図を第Ⅱ・1図と対照して三次元空間を想像すれば、大体の傾向は把えることが出来るであろう。

また実働率に対する分散分析表第Ⅱ・2表から、根切り実働率に対しては、樹形  $\zeta_3$  が有意であつて、今、実働率の規準化値を  $y_2$  ( $\in N(0,1)$ ) とすれば、同様に、

$$y_2 = 0.38097\zeta_3 + A\sigma \dots\dots\dots (Ⅱ・2)$$

$$\sigma^2 = 0.80785 \quad A \in N(0,1)$$

を得る。これをグラフに書くと第Ⅱ・3図の通りである。

なお、 $y$  が  $N(0,1)$  にしたがうことが仮定されているので  $y$  の全分散は1であり、各々軸からの分散が分散分析表のS.S欄の値であるから、そのS.S欄の値は、各特性因子の各々の  $y$  の値に対する寄与率を表わしていると考えて差支えない。

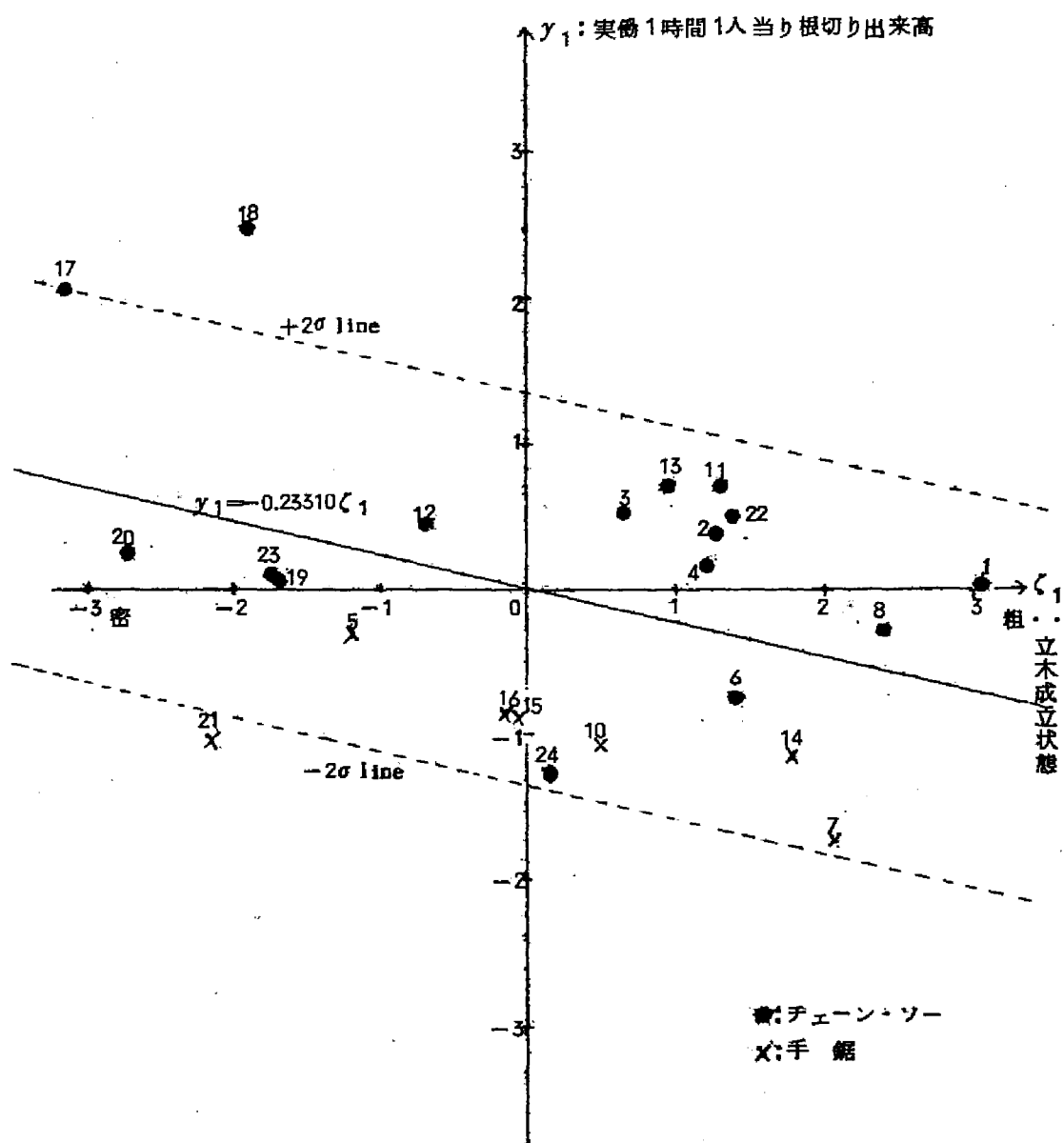
#### 1) 実働1時間1人当り根切り出来高に対する影響

先ず、出来高に対する伐採地の内部特性の影響について考察してみよう。

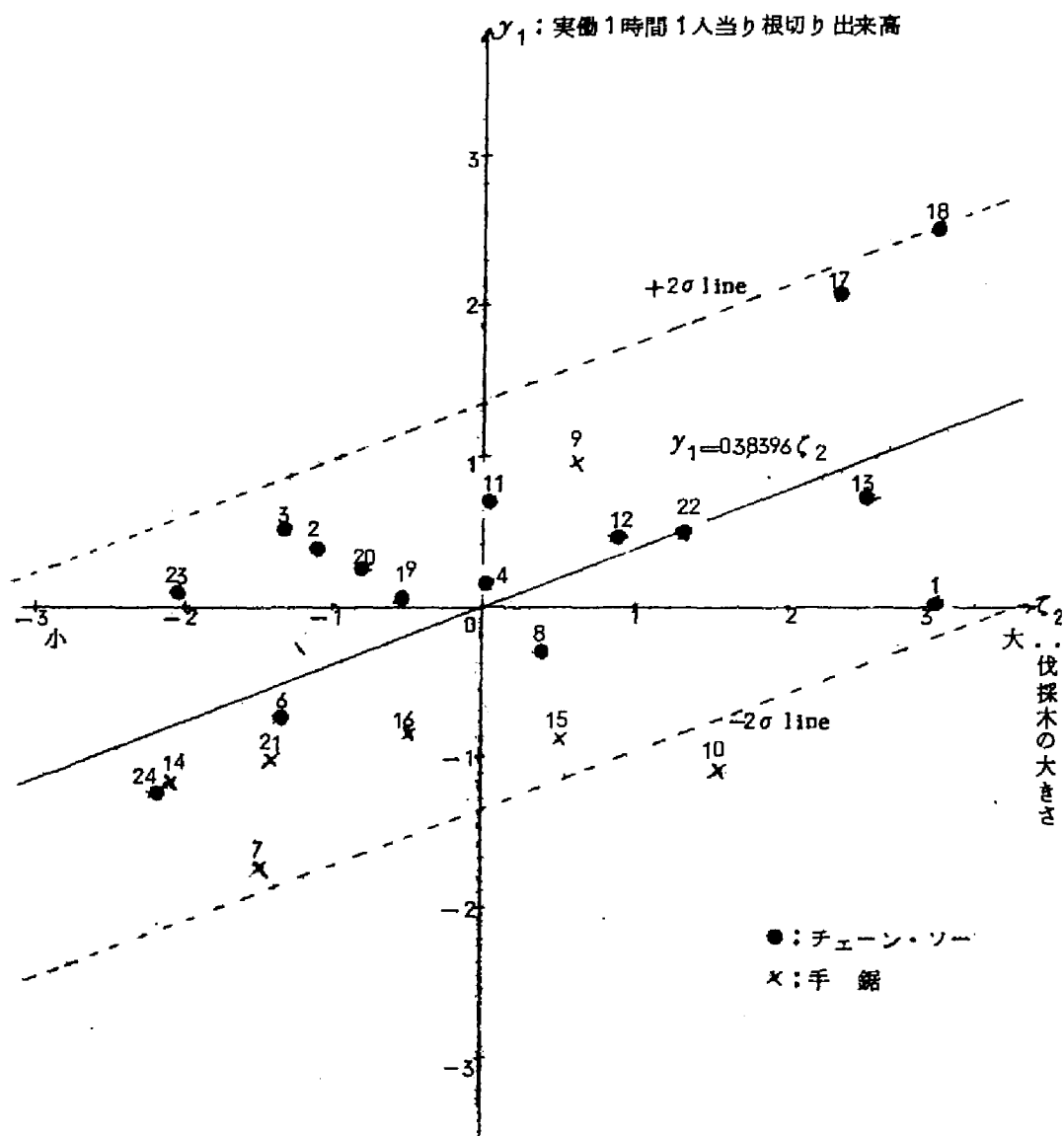
(Ⅱ・1) 式の  $\zeta_1$ 、 $\zeta_2$  はお互いに統計的に独立なのであるから、これを別々に切り離して議論することが出来る。

##### ① 立木成立状態 $\zeta_1$ の影響

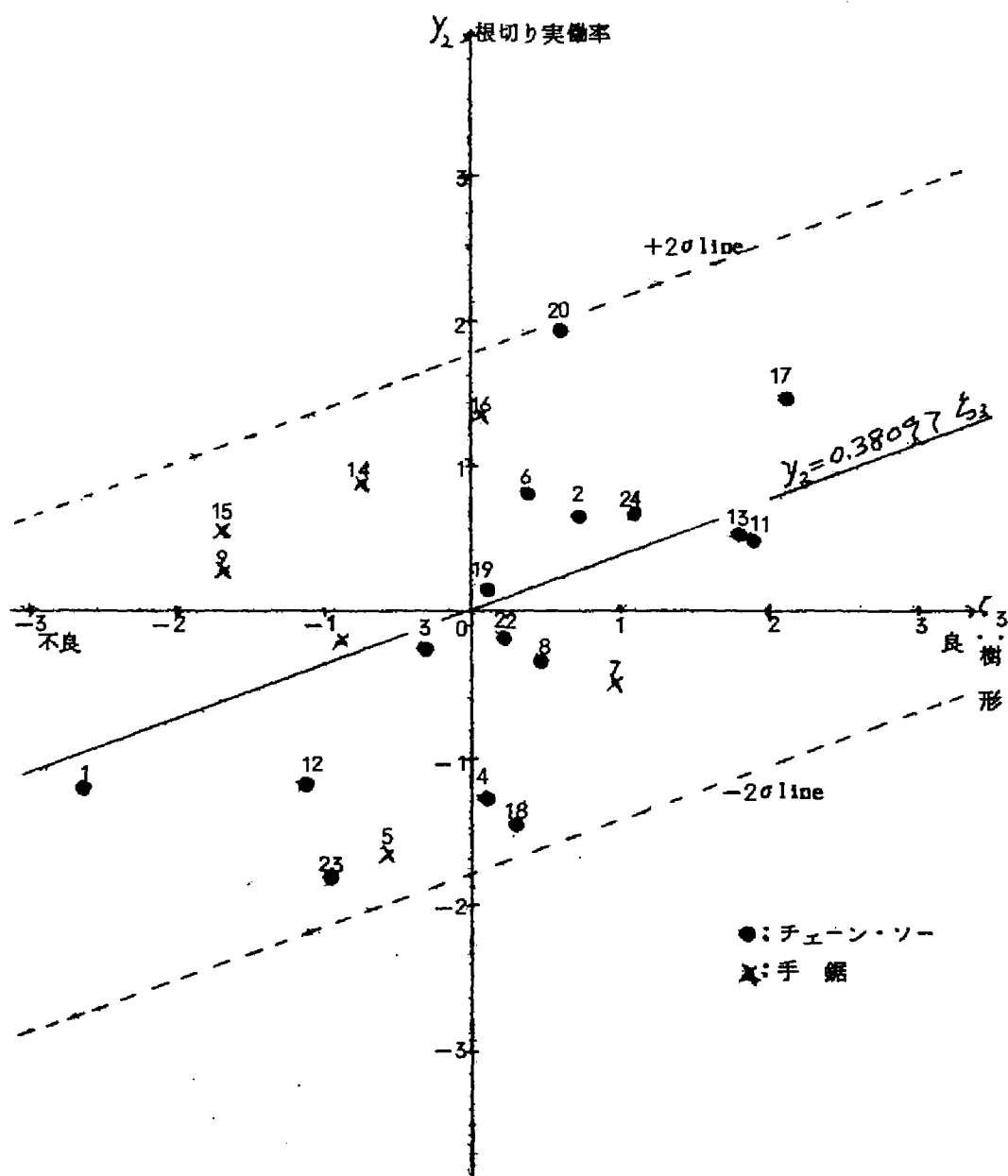
この立木成立状態を表わす特性因子  $\zeta_1$  の値が大であることは、第Ⅱ・2表と前章2・2の議論から、立木密度、伐木密度、及び立木材積密度が比較的粗で、伐採木の胸高直径のバラツキが大きい所で急勾配であることを示す。逆に、 $\zeta_1$  が小なるときには、勾配が比較的ゆるく立木密度、伐木密度、立木材積密度が共に密であり、木の大きさが比較的揃っているような所であることを示す。



第Ⅱ-1図 根切り出来高と立木成立状態



第Ⅱ・2図 根切り出来高と伐採木の大きさ



第Ⅱ・3図 根切り実働率と樹形

(Ⅱ・1) 式では $\kappa_1$ の係数が負であるから、 $\kappa_1$ が大きい所では出来高が低く、小さい所では高いことを示しているのである。すなわち、比較的粗な林で出来高が低く、密な林では高いことを表わしているのである。

ところで、 $\kappa_1$ の中には、平均勾配が重要因子として入っているのが、これは前章2・2、2・3において議論したように、平均勾配自体、すなわち地型を表わす特性としてではなしに立木成立状態の地域的局所的な特徴を表わすものとして入っているものと考えべきである。したがって、この場合、平均勾配は直接本質的に出来高に影響しているのではないのであつて、単に立木成立状態の地域的特徴を表わすものとして附随的に入っているものなのである。この事實は、平均勾配そのものを表わしている特性因子 $\kappa_5$ が根切り出来高に対して無意であつたことから当然結論されてよいことであらう。

したがって、もしも立木成立状態の地域的特徴として、平均勾配がこの例とは逆な関係をもっている場合、すなわち立木密度や立木材積密度と平均勾配の係数の符号が同符号であるような場合があるとすれば、勾配と出来高の関係は、——これは因果関係ではない——全く逆の様相を呈するであらうし、また前章2・3の第Ⅱ・4表にみられたように立木成立状態に勾配が殆ど寄与していないような地域では、勾配と出来高は無関係という結果を得るであらう、というような仮想も成立する。

兎も角、平均勾配は本質的には根切り出来高に対して影響をもたないということが $\kappa_5$ が無意であることから確論されうようである。

#### ⑤ 伐採木の大きさの影響

さて、伐採木の大きさを表わす特性因子 $\kappa_2$ であるが、これが大であることは、平均的な伐採木の大きさが大きいことであり、小であることは、伐採木が比較的小さいことを指し示すものであるから、(Ⅱ・1)式は、伐採木の平均的な大きさが大きくなると出来高が高くなり、小さくなると低くなるという比例的な関係を表わすものである。

各々の特性因子の根切り出来高に対する影響の仕方は上述の通りであるが、この各特性因子の影響の程度あるいは影響力はどの位のものであらうか。

各特性因子の成分を表わす直交比較の分散、すなわち各特性因子の変動に



よつて引起された分散成分である第Ⅱ・1表のS.S欄の値を出来高に対する各特性因子の寄与率として用いてもよいことは前にも述べた。この値をみると、立木成立状態の寄与率が約16.6%, 伐採木の大きさの寄与率が約37%である。したがつて、根切り出来高に対して最も大きな影響を与えるものは、伐採木の大きさという概念なのである。またこの両者を合計すると約54%となり、根切り出来高の変動の実に半分以上が伐採地の二つの内部特性によつて引起されているわけである。

## ii) 根切り実働率に対する影響

実働率に対しては、樹形を表わす特性因子 $\zeta_3$ のみが有意であつたのであるが、この $\zeta_3$ の分散寄与率は、第Ⅱ・2表のS.S欄から約19%という可成り大きな値を読みとることが出来る。しかし、他に有意な特性がないから、結局根切り実働率に対する伐採地の内部特性の影響は、出来高に対するときのように決定的な大きさをもつものではない。もし、この実働率の変動が何かの原因によつて引起されるものであるとするならば、その原因の大部分は伐採地の内部特性以外のものに求めなければならない。

この樹形という概念を表わす特性因子 $\zeta_3$ の実働率に対する影響の仕方は、第Ⅱ・2表と(Ⅱ・2)式から、次のように考えられる。

$\zeta_3$ が大であることは、平均枝下高が比較的高く枝数が少ないことを示し、小であることは、平均枝下高が低くて枝数が多いことを示すものである。このような枝下高とか、枝数などは、一般に伐採木の大きさや立木の分布の状態と強い関係をもつていようように考えられるが、この例では、この樹形という概念が他の特性とは独立なものとして取り出されているのである。このように、主として枝下高と枝数によつて表わされる樹形という概念的特性が他の特性と無相関であるということは、この地域が天然林であつたところから天然林自体の特徴として取扱われるべきものかも知れない。

さて、(Ⅱ・2)式の $\zeta_3$ の係数が正であるところから、枝下高が高くて枝数が少ない樹形( $\zeta_3$ が大)、一般に良形といわれる樹形をもつ地域においては実働率が高く、その逆の枝下高が低くて枝数が多い( $\zeta_3$ が小)、一般に不良形と云われる樹形をもつ地域では実働率が低かつたわけである。これを根切り作業に含まれている要素作業について考えてみると、当然 $\zeta_3$ が大で

あると枝払・剥皮作業が容易であり比較的短時間ですむのに反し、 $\zeta_3$  が小であれば、枝払・剥皮作業に比較的長時間を要することになるから、逆の推論として、伐倒作業よりも枝払・剥皮作業に附随する休息率の方が大きいのではないだろうかと考えられる。その作業状況や作業の性質、強度と云つたものを考え合せると妥当な推論のように思われるのであるが、その真偽については何らの検討もなされていない。

それは兎に角、根切り実働率に対しても、伐採地の内部特性のうち樹形を表わすものが多少の関連性をもっているということは看過し得ない。

## 1.2 玉切り作業工程についての分析例

玉切り作業工程の測定は、前章2.3に用いた資料をとつた所で行われているのであるが、作業形態としては、使用チェーン・ソーは、McCulloch 1-50及びStihlであり、3名1組の組作業として行われた。

こゝでも、玉切り作業の出来高を立木材積で表わし、工程は、実働1時間1人当り出来高と実働率によつて表現されている。この玉切り作業工程に対して、前章2.3の分析によつて得られた四つの特性因子

$\zeta_1$  : 伐採木の大きさ

$\zeta_2$  : 立木成立状態

$\zeta_3$  : 地型 (平均勾配)

$\zeta_4$  : 林型

によつて分散分析した結果、出来高・実働率の各々について第Ⅱ.3表、

第Ⅱ.4表 各Componentの係数表

基礎測定因子	1st Comp. $\zeta_1$	2nd Comp. $\zeta_2$	3rd Comp. $\zeta_3$	4th Comp. $\zeta_4$
1. 平均勾配	0.1619	-0.1691	0.9020 ◎	-0.3306
2. 伐木密度	-0.1935	0.6309 ◎	0.3030	0.2561
3. 平均胸高直径	0.6040 ◎	-0.1052	-0.1649	0.0867
4. 胸高直径の分散	0.4236 ○	0.3741 ○	-0.2056	-0.7092 ◎
5. 平均樹高	0.5429 ◎	-0.2455	0.1320	0.4798 ○
6. 立木材積密度	0.3121	0.6017 ◎	0.0887	0.2904
各 $\zeta$ の分散 $\lambda$	2.4558	1.9624	1.0177	0.4602
$\zeta$ の割合	0.4093	0.3207	0.1696	0.0767
$\lambda$ の累計割合	0.4093	0.7300	0.8996	0.9763
各 $\zeta$ の概念的意味	伐採木の大きさ	立木成立状態	地型 (平均勾配)	林型

第Ⅲ・3表 玉切り作業実働1時間1人当り出来高  
に対する各特性の分散分析表

要 因	d.f.	S.S.	M.S.	F <sub>11</sub> <sup>1</sup>
κ <sub>1</sub> :伐採木の大きさ	1	0.05059	0.05059	0.7851
κ <sub>2</sub> :立木成立状態	1	0.00026	0.00026	0.0040
κ <sub>3</sub> :地 型	1	0.16201	0.16201	25145
κ <sub>4</sub> :林 型	1	0.07237	0.07837	12164
e	11	0.70877	0.06443	
T	15	1.00000		

第Ⅲ・4表 玉切り作業実働率に対する各特性  
による分散分析表

要 因	d.f.	S.S.	M.S.	F <sub>11</sub> <sup>1</sup>
κ <sub>1</sub> :伐採木の大きさ	1	0.1921	0.1921	5.6334*
κ <sub>2</sub> :立木成立状態	1	0.3718	0.3718	10.9032**
κ <sub>3</sub> :地 型	1	0.0557	0.0557	1.6334
κ <sub>4</sub> :林 型	1	0.0049	0.0049	0.1436
e	11	0.3755	0.0341	
T	15	1.0000		

第Ⅲ・4表を得た。なお、各特性因子κの構成を示す第Ⅱ・4表を再録しておく。

ⅰ) 実働1時間1人当り玉切り出来高に対する影響

第Ⅲ・3表によつて分るように、玉切り出来高に対しては、いずれの内部特性も有意な影響をもつていない。勿論、伐採地のもつ内部的性格の全てが無意であるというわけではないので、こゝに分析された四つの特性が有意性を示さなかつたと云うに過ぎないのである。

ⅱ) 玉切り実働率に対する影響

玉切り作業における実働率に対しては、第Ⅲ・4表から、伐採木の大きさ

$\zeta_1$  と立木成立状態  $\zeta_2$  が有意な特性因子である。今、 $y_3$  を玉切り実働率の規準化値、すなわち  $y_3 \in N(0,1)$  が成立するとすれば

$$y_3 = -0.2797\zeta_1 + 0.4353\zeta_2 + A\sigma \dots\dots\dots (II.3)$$

$$\sigma^2 = 0.4361 \quad A \in N(0,1)$$

なる関係式が得られる。

第 II.4 表と (II.3) 式とから、伐採木の大きさを表わす  $\zeta_1$  の値が大であれば、すなわち伐採木の平均的大きさが大であれば、玉切り実働率は比較的 low、 $\zeta_1$  が小であれば、実働率は高くなることが判る。

次に、立木成立状態を表わす特性因子  $\zeta_2$  は、その値が大であれば伐木密度も立木材積密度も大きいことを示しているのであるから、伐採木が比較的密に分布している所では実働率が高く、又一方、 $\zeta_2$  が小なる所、すなわち伐採木が比較的粗に分布している所では実働率が低くなることが (II.3) 式の第 2 項によつて示されている。

また、第 III.4 表の S.S 欄から、伐採木の大きさを表わす特性因子  $\zeta_1$  および立木成立状態を表わす特性因子  $\zeta_2$  の玉切り実働率の変動に対する寄与率は、それぞれ 19.2%, 37.2% である。こゝにおいて根切りの場合の実働率とは、その性格が全く異つたものとなつていのである。根切り実働率の変動に対しては、樹形の影響が見られるだけで、伐採地の内部特性は決定的な要因ではなかつたのであるが、この玉切り作業の実働率の変動に対しては、伐採地の内部特性が、その半分以上の寄与をしているのである。特に、伐採木の分布が密か粗かということが最も大きな影響を与えているわけである。

## 2. 規範因子によつて表わされる全体的性格と作業工程との関連性

前節において伐採地のもつ内部的特性と作業工程との関連性について特性因子という表現法によつて検討してきたのであるが、これは勿論、全ての内部的特性を網羅し得たものではない。また、仮に全てを網羅し得たものとしても特性因子によつて表わされる内部特性だけによつて伐採地のもつ全ゆる性格を把握することは期待出来ない。そこで本節では、基礎測度因子の一次結合の形のうちで、もつとも良く作業工程との相関関係を示してくれる伐採地の性格の全体的表現法である規範因子によつて、伐採地の全体的性格と作

業工程との関連性を検討してみようと思う。

## 2. 1 根切り作業工程についての分析

こゝに例として用いるものは、前章の2節3節に用いたのと同じ資料によっている。

先ず、前章3. 2の計算によつて得られた規範因子の係数表を再録しておく。

第Ⅱ. 5表 根切り作業工程に対する  
規範因子の係数表

根切り作業工程	$\zeta_1$	$\zeta_2$
1.実働1時間1人当り出来高	0.99176	-0.16502
2.実働率	0.26652	0.96939
基礎測度因子	$\eta_1$	$\eta_2$
1.平均勾配	-0.43581	-0.41480
2.立木密度	-0.03074	0.09985
3.伐木密度	-1.06658	0.71208
4.平均胸高直径	-0.64298	0.92554
5.胸高直径の分散	0.12160	0.16747
6.平均樹高	0.16393	-0.18065
7.立木材積密度	1.44701	-1.59227
8.平均枝下高	0.41783	0.20476
9.平均枝数	0.04182	-0.62469
$\zeta_1, \eta_1$ 間の相関係数 $\lambda$	0.87600	0.50442

さて、こゝに得られた作業工程を表わす規範因子 $\zeta_1, \zeta_2$ と伐採地の性格を表わす規範因子 $\eta_1, \eta_2$ は、 $\zeta_1$ と $\eta_1$ および $\zeta_2$ と $\eta_2$ の相関係数がそれぞれ $\lambda_1, \lambda_2$ である以外は全てお互いに無相関であるので( $\zeta_1 \eta_1$ ) ( $\zeta_2 \eta_2$ )を別々の組として、取扱つてよいわけである。

先ず $\zeta_1, \eta_1$ の關係について検討する。

$\zeta_1$ は、第Ⅱ. 5表から

$$\zeta_1 = 0.99176 y_1 + 0.26652 y_2$$

であり、ほとんど $y_1$ :実働1時間1人当り出来高に依

存する因子である。逆に云えば、 $\zeta_1$ は主として $y_1$ を表現する因子なのであると云えるだろう。そうすると、 $\eta_1$ は $\zeta_1$ との相関が最大である規範因子であるから、 $\eta_1$ は、いわば、根切り出来高に対して最も相関の大きい伐採地の性格の測度であるわけである。今、 $\zeta_1$ に対する $\eta_1$ の回帰式を求めよう。

$$\text{今、} \zeta_1 = a_1 \eta_1 + A \sigma_1 \dots\dots\dots (\text{Ⅱ. 4})$$

$$A \in N(0, 1)$$

という回帰式を想定すれば， $\zeta_1, \eta_1$  の各々の分散が1であることから直ちに，

$$\alpha_1 = \frac{E(\zeta_1 \eta_1)}{E(\eta_1^2)} = \lambda_1 \dots\dots\dots (III. 5)$$

$$\sigma_1^2 = E(\zeta_1 - \alpha_1 \eta_1)^2 = 1 - \lambda_1^2 \dots\dots\dots (III. 6)$$

但し， $E$ は期待値の意味。

が求められ， $\alpha_1$  の有意検定は， $n$ をデータ数とすれば，

$$T_1 = \frac{\lambda_1}{\frac{\sigma_1^2}{n-1}} \dots\dots\dots (III. 7)$$

が自由度 $(n-1)$ の $t$ 分布にしたがうことによつて行うことが出来る。

したがつて，

$$\zeta_1 = 0.8760 \eta_1 + A \sigma_1 \dots\dots\dots (III. 8)$$

$$\sigma_1^2 = 0.2326$$

$$T_1 = 8.7164 \text{ (自由度 } 23 : 1\% \text{ 有意)}$$

となる。この関係をグラフに書くと第III. 4図のようになる。

同様に $\zeta_2$ は，

$$\zeta_2 = -0.16502 y_1 + 0.96939 y_2$$

であるから，実働率を主として表現する因子であり，したがつて $\eta_2$ は実働率との相関が最大になるような伐採地の性格の測度である。そうして，その回帰式は，次のようになる。

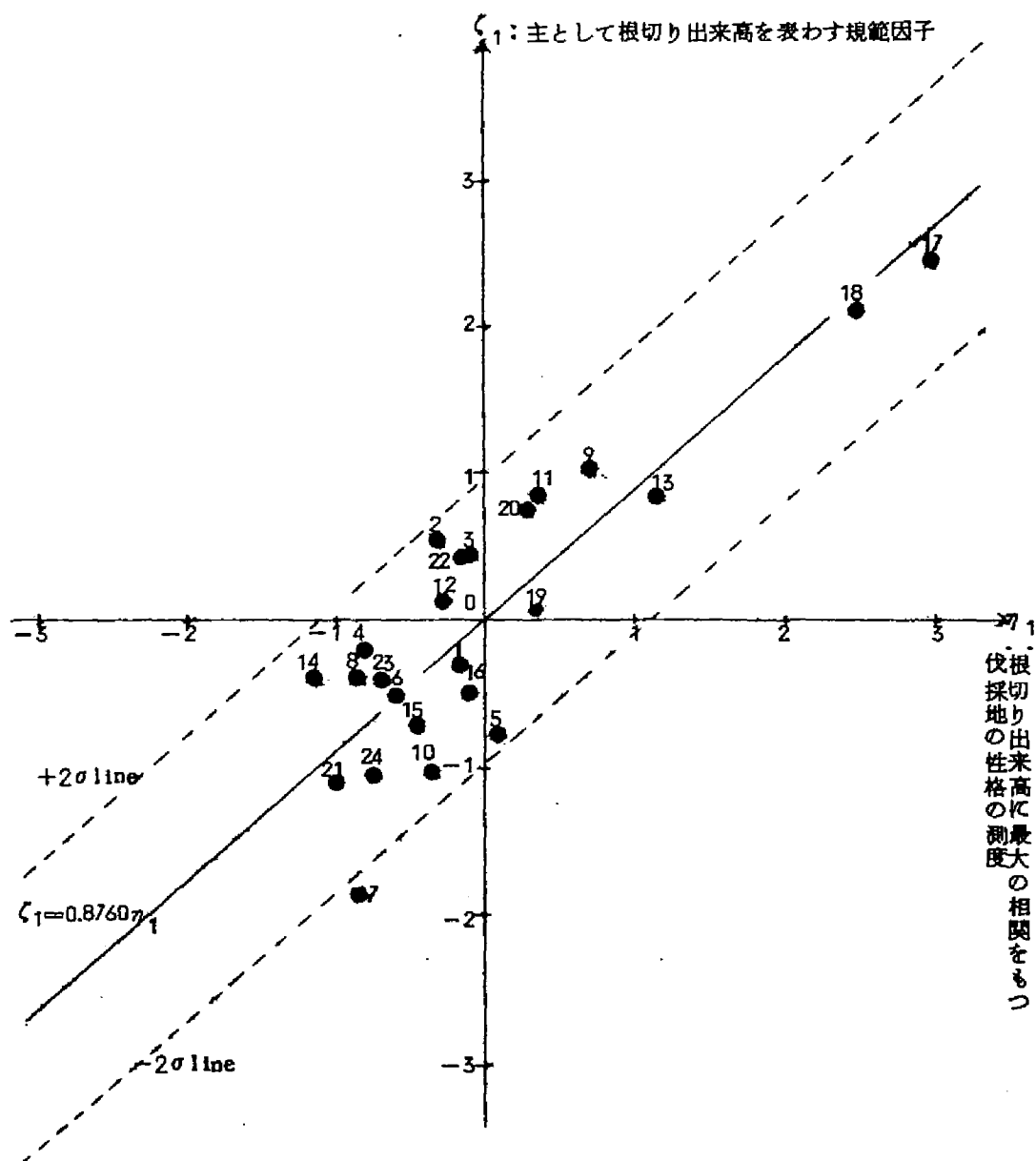
$$\zeta_2 = 0.5042 \eta_2 + A \sigma_2 \dots\dots\dots (III. 9)$$

$$\sigma_2^2 = 0.7458$$

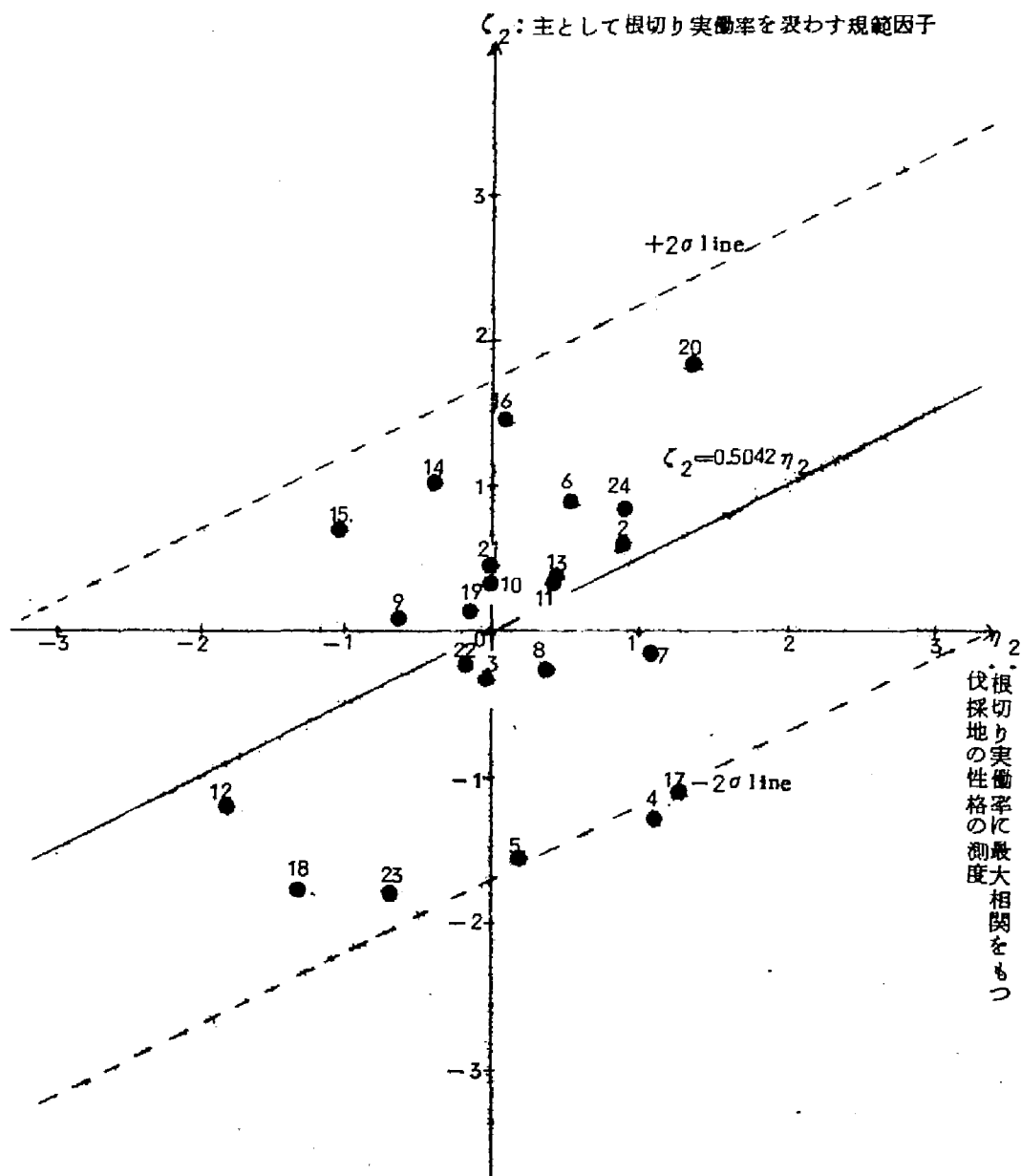
$$T_2 = 2.8011 \text{ (自由度 } 23 : 5\% \text{ 有意)}$$

これをグラフに書くと第III. 5図のようになる。

こゝに求められた規範因子による回帰式(III. 8)(III. 9)をみると，その回帰式からの分散 $\sigma_1^2, \sigma_2^2$ がいずれも前節において求めた特性因子による関係式(II. 1)(II. 2)の誤差分散に較べて小さくなっている。このことを考えてみると作業工程に影響する伐採地の性格のうちには，前の内部特性だけに



第Ⅱ・4図 規範因子による作業工程（根切り出来高）  
と伐採地の性格の関係



第Ⅰ・5図 規範因子による根切り実働率と伐採地の性格の関係



よつては表わし得ないものも相当あるのであらうと思われる。

## 2.2 玉切り作業工程についての分析

前章3.2の結果から、玉切り作業工程と規範因子との関係式を求める。

この資料によつて計算された規範因子は、第Ⅱ.6表の通りであつた。

第Ⅱ.6表 玉切り作業工程に対する  
規範因子の係数表

玉切り作業工程	$\zeta_1$	$\zeta_2$
1.実働1時間1人当り出来高	0.3688	0.9344
2.実働率	0.9657	-0.2775
基礎測度因子	$\eta_1$	$\eta_2$
1.平均勾配	-0.1337	0.0003
2.伐木密度	-2.9841	-3.3833
3.平均胸高直径	-1.8698	-0.4212
4.胸高直径の分散	-0.5538	-1.4393
5.平均樹高	-0.9782	-1.0952
6.立木材積密度	3.5051	3.6350
$\zeta, \eta$ 間の相関係数 $\lambda$	0.8864	0.6395

この第Ⅱ.6表に得られた規範因子についても前項と同様な議論が成り立ち、 $\zeta_1$ が玉切り実働率を、 $\zeta_2$ が実働1時間1人当り玉切り出来高を、それぞれ表わしており、そのそれぞれに最大の相関を示す伐採地の性格の測度が $\eta_1, \eta_2$ であると解することが出来る。今この各組について回帰式を求めれば、

$$\begin{aligned}\zeta_1 &= 0.8864 \eta_1 \\ &\quad + A \sigma_1 \dots\dots\dots (\text{Ⅱ.10}) \\ \sigma_1^2 &= 0.2143 \\ T_1 &= 7.4176 \text{ (自由度 15:} \\ &\quad 1\% \text{有意)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\zeta_2 &= 0.6395 \eta_2 + A \sigma_2 \dots\dots\dots (\text{Ⅱ.11}) \\ \sigma_2^2 &= 0.5910\end{aligned}$$

$$T_2 = 3.2216 \text{ (自由度 15: } 1\% \text{有意)}$$

となる。(Ⅱ.10)式は玉切り実働率、(Ⅱ.11)式は、玉切り出来高に対する式である。

この規範因子と作業工程との回帰式において、いずれも高い有意性を示したのであるが、前節における特性因子による分析では、玉切り出来高に対しては、どの特性も有意性を認められなかつたのである。また、玉切り実働率との関係を表わす(Ⅱ.3)式と(Ⅱ.10)式の誤差分散を比較してみても(Ⅱ.10)式の方が可成り小さくなつてゐるのである。この事實は、前項にも述べたように、作業工程に対して影響を与える伐採地の性格のうちに

は、特性因子によつて表わされる内部特性だけでは表現しきれないものも含まれているということを示しているものと考えられる。それでは、果してそれが何であるかということは、不明であると云わざるを得ない。たゞ、規範因子は、それら全てを含めて表現する因子であると云えるだけである。

### 3. 基礎測度因子による作業工程分析について

作業工程と伐採地の様相との関連性の分析法として、従来もつともよく使われている方法は、本論文中に基礎測度と呼ばれている因子によつて直接に作業工程との関連性を把えようとする方法である。

しかし、前にも述べたように基礎測度因子すなわち平均胸高直径、平均勾配等々の間には、それ相当の相関関係があるので、その各因子の変動は、本質的にどのような様相の変化を代表しているものであるかを解明することが非常に困難である場合が多いのではないかとと思われる。したがつて、基礎測度因子と作業工程との関連性を何らかの方法によつて把え得たとしても、実際にそれがどのような意味をもっているかということについて解明することは、基礎測度という次元に立つかぎり困難な問題である。しかし、このような基礎測度による分析結果でも、今まで述べてきたような伐採地のもついくつかの概念的特性、あるいは全体的な工程との関連性が最大であるような測度という見地から考察してみれば、何とか、より明快な作業工程と伐採地の性格の関連性をみる事が出来るのではないかとと思われる。

それゆゑ、こゝに伐木造材作業工程について基礎測度因子によつて分析した例をあげて考察してみようと思う。

#### 3. 1 木曾谷の例\*

これは、1958年10月に木曾谷の野尻営林署殿経営区において調査されたものである。

この例は、基礎測度因子間の強い相関関係を無視して作業工程との関連性を分析したものである。

この調査地は、ヒノキ、サワラ、アスナロ、ネズコの混交した天然林で殆どその他の樹種は見られなかつた。作業順序としては、

伐倒→枝払→玉切

---

\*文献(1)参照

という順序がとられた。これが一連の作業として行われた。それゆえ，この伐倒・枝払・玉切りをひとまとめにして伐木造材作業と呼び，作業工程も，この全過程に対して実働1分間組当り出来高（丸太材積）によつて表わされている。実働率は測定されていない。

実験因子として

A：使用チェーン・ソー 2種類

$A_1$ ＝McCulloch 33-B（2.1馬力，本体重量8.8Kg，21吋鋸板）

$A_2$ ＝McCulloch D-44（5.5馬力，本体重量8.5Kg，26吋鋸板）

B：作業組4組（2人1組チェーン・ソー1台）

C：調査日 4日

D：作業地区 2伐区

} 層別因子

の4因子をとり $2^4$ 型直交配列表に割りつけられている。

そうして，その分析は，一本一本の伐採木について測られた実働1分間組当り出来高について，上記の実験因子と伐採地の性格を表わす基礎測度因子：樹種，胸高直径，樹高，枝下高，枝数（造材部），足場の良悪，勾配の7因子との逐次修正法<sup>\*</sup>によつて行われた。こゝで，基礎測度因子による分散分析は，分類によつて幾直交型を作る方法<sup>\*\*</sup>が用いられている。

この分析の結果，実験因子としては，チェーン・ソー機種が，伐採地の性格としては，胸高直径がそれぞれ有意因子であつた。そうして，機種別に，胸高直径と出来高の関係を求めると次のようになった。

McCulloch 33-Bに対して

$$y = 0.06056 + 0.00168(x - 38) \pm 0.000387 \sqrt{(x - 38)^2 + 214}$$

McCulloch D-44に対して

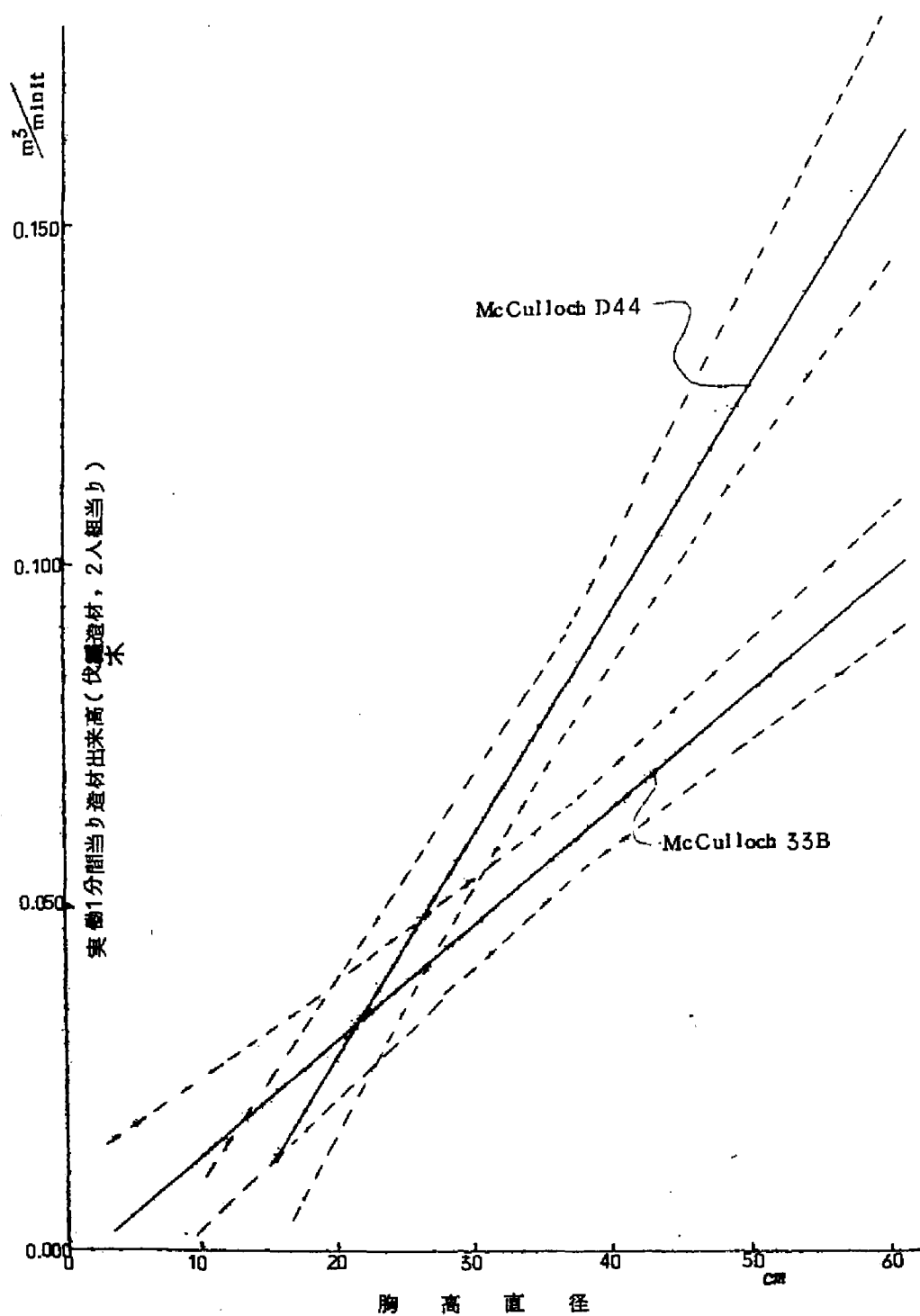
$$y = 0.08231 + 0.003226(x - 37) \pm 0.000537 \sqrt{(x - 37)^2 + 166}$$

但し， $y$ ：実働1分間組当り出来高 $\left(\frac{\text{m}^3}{2\text{man.min.}}\right)$

$x$ ：胸高直径（cm）

この両式の最終項は，95%信頼限界である。これをグラフに書くと第Ⅱ.6図のようになる。

• \*\* 文献(3)参照



第Ⅱ・6図 胸高直径と伐木造材作業 (ヒノキ) 功程の関係

### (考察)

今、この例の結果において、チェーン・ソーの種類によつて生ずる功程差について考察することは、本論文の主旨ではない。こゝで問題になるのは、伐採地の条件のうち、胸高直径だけが有意であつたということである。分析の方法上では、他の因子との相関を無視した形になつていたのであるが実際には無視しえないものであるから、この場合、胸高直径の変動は、それ自体のみを代表するものではなくてそれに関連する全ての因子の変動をも意味しているのである。それゆゑ、この例では、第2.6図のような胸高直径と出来高との直線的関係が得られたのであるが、これが胸高直径と云う単一の因子の出来高に対する直接的影響であるという結論は出て来ないのである。こゝでは、胸高直径を伐採地の性格あるいは様相の全体的な何かを代表しているものであると考えるべきである。

それゆゑ、極論であるかも知れないが、今こゝで胸高直径によつて代表されてゐる伐採地の性格が、基礎測度のとり方によつては、胸高直径以外の因子によつて表わされるというようなこともありうると思ふべきではない。それでは、この胸高直径は、一体何を表わしているのであろうか。

この胸高直径は、前章2.2で得られた伐採地の内部特性という見地から見れば、こゝで分析された基礎測度（樹種、胸高直径、樹高、枝下高、枝数、足場の良悪、勾配）が、伐採木の大きさ、樹形および地型の三つの概念を表わしうる範囲のものを含んでいるところから、伐採木の大きさを表わす特性因子と対比されるべきものであり、伐採木の大きさという概念の一元的表現として胸高直径が有意となつたのであると考えることが出来る。

今、この推論が仮に正しいとするならば、従来最もよく使われた胸高直径だけによつて伐採地を層別したり、作業功程を推定したりする方法も、伐採木の大きさという概念が根切り出来高に対して最も大きな影響をもっていることを考えれば、十分な根拠を持つてゐるわけである。たゞ、その方法の妥当性は、胸高直径がどの程度まで伐採木の大きさという概念を代表しているかによるわけである。この例の場合、この点の検討をするに足る十分な資料をもつていない。

### 3. 2 芦生における例——重回帰分析例

もう一つの分析例として、本章1.1に用いたと同じ資料によつて、その

基礎測度因子および実験因子としての作業組（3人1組）4組および使用機械（手鋸及びチェーン・ソー）の合計11因子によつて根切り作業出来高に対する重回帰分析を行つたものをあげておく。

この分析は，上記の11因子のいろいろな組合せについて重回帰函数を求め，その全ての重回帰係数が $t$ 検定によつて有意となる組合せのうち，回帰式からの分散が最も小さくなるような因子の組合せを求めるとする方法をとつた。ただし，実際にこのような因子の全ての組合せについて計算することは，不可能なので，実際計算には可成り簡便な方法をとつてゐる。

この方法は，前例と異なつて基礎測度因子間の相関を考慮した分析法である。

$t$  検定水準を10%にした場合，次のような回帰式を得た。

$$y = 3.9761 + 0.4191x_1 - 0.02005x_2 - 0.21438x_3 \\ - 0.06053x_4 + 0.327789x_5 + A\sigma \\ A \in N(0,1) \quad \sigma^2 = 0.025073$$

但し，

$y$ ：実働1時間1人当り根切り出来高 ( $\frac{\text{m}^3}{\text{man hour}}$ )

$x_1$ ：使用機械（手鋸：0，チェーン・ソー：1）

$x_2$ ：平均勾配（度）

$x_3$ ：伐木密度 ( $\frac{\text{本}}{100\text{m}^2}$ )

$x_4$ ：平均胸高直径（cm）

$x_5$ ：立木材積密度 ( $\frac{\text{m}^3}{100\text{m}^2}$ )

このうち， $x_1$ ：使用機械は，この場合，二種類のチェーン・ソーを区別せずにひとまとめにして1という数値を与えてある。一方，手鋸に対して0を与えてある。

（考察）

こゝに用いた重回帰分析法は，基礎測度因子間の相関を考慮した分析法であるという点で，数学的には前例の方法よりも正確な解答を与えるものであるかも知れない。しかし，その結果として得られた重回帰式について，そこに含まれている五つの基礎測度因子を別々に切り離して独立に論ずることは許されないのである。もし，これを取て別々に論ずるならば，とんでもない

誤まりをおかす危険がある。例えば、 $\alpha_2$ ：平均勾配についてみると、その係数が負であり、勾配が急になる程出来高が下るという、云わば常識的に不合理を感じさせない解釈が出来るので、平均勾配が根切り出来高に対して直接有意な要因であるという判断を下すことになるであろう。しかし、1.1の内部特性という概念から見れば、平均勾配自体が有意であるということはなほだ疑がわしいことなのである。特性因子という見地からみれば、平均勾配は、立木成立状態に関連があつたので間接に根切り出来高と関連性があるような形になるのであつて、実際には、平均勾配自体を表わす特性因子は有意ではなかつたのである。

こゝに得られた回帰式の五つの因子は、前例において胸高直径が伐採地の性格全体の一元的表現であつたように、むしろ全作業条件の多元的表現法なのである。そうして、どちらかと云えば、規範因子と同様な性格をもつものである。

## Ⅳ 伐採作業の場としての伐採地の性格の 判断と作業工程の推定

前二章においては、伐採地のもつ内部特性や全体的な性格およびそれらの表現法、それらの性格と作業工程との関連性などについて、実際例を用いて説明したのであるが、本章では、それらの性格や表現法をどのように応用することが出来るかを述べる。先ず実際にある特定の伐採地の性格の判断法について考えてみようと思う。

### 1. 伐採地の分類

ある特定の地域において、その全域内に伐採地としてどのような性格を含んでいるか、また、相異なる伐採地域の比較をしようという問題、いわば、分類の問題については、Ⅱ．2で述べた特性因子を用いることによつて、可成り明快な解決をうることが出来る。

最も根本的には、その地域全体にわたつて標本プロットを適当にとり、いくつかの基礎測度因子について測定し、Component Analysis をやつてみればよい。この場合、必ず、Ⅱ．2においてみたように各Componentを、林学的概念によつて意味づけ出来るとは限らないだろうが、必ずしも、そのような意味づけが出来ないからといって、分類の役に立たないということはないのである。その場合でも、各Componentの独立性を利用して、その全地域の伐採地としての性格の内部的なある局面を表現する特性因子として取扱えばよいのである。とにかく、基礎測度の取り方に気をつければ、このようないくつかの特性因子によつて、十分、その地域の性格の変動を把握することができるであろう。

このような根本的方法によらなくても、何か他に既成のデータをもっているならば、それとの比較によつて、その新地域の性格を判断することも可能である。しかし、これは分類の問題というよりも、むしろ類型を求める問題である。

### 2. 類型を求める問題

既に、その性格について可成りの情報を得ている地域との比較によつて、



別の地域の性格を知ろうという場合、云い換えれば、既成のデータを、他の地域における伐採地としての性格の判断の根拠にしようという、類型を求める問題においては、同時にその地域に、既成のデータによる功程推定式を適用することが妥当であるか否かという、適用の問題をも含んでいるのである。

このような適用の場としての適否の判断、あるいは、その地域が前の地域に対して類型であるか否かの判断は、特性因子あるいは規範因子が、とにかく、そのデータがとられた地域においては、統計的に独立であつたということを利用して、新地域から得たデータが既成のデータと同じ母集団に属するか否かを統計的に判定することによつて行なうのが、もつとも身近な方法であらうと思う。

この方法の手順を示せば、次のようになると思う。

この際、新地域に設ける標本プロットは、前のデータをとつたのと同じ規格によつて、設けられなければならない。例えば、Ⅱ章において得た芦生での結果を利用する場合には、約 $200\sim400\text{m}^2$ の面積をもち、その中に10本の伐採木を含み、各プロット内部では、勾配が一様であるという規格を守らなければならない。そうでなければ、例えば、平均胸高直径とか平均樹高と云つた標本平均値によつて示される基礎測度因子の規準化の計算が、非常に面倒になる。このようにして、新地域からいくつかのデータを取り、その各基礎測度の値を前のデータの平均値と標準偏差によつて規準化し、さらに前のデータによつて得られた係数によつて、その一次結合を作り、各特性因子 $\zeta_{ij}$ を求める。そして、この各特性因子の値の平均値 $m_i$ と分散 $\sigma_i^2$ を求め、各々別々に、 $m_i = 0$ 、 $\sigma_i^2 = \lambda_i^*$ なる帰無仮説を $t$ 検定法および $F$ 検定法によつて検定する。

勿論、新地域のデータによつて、上記のようにして得られた特性因子が、その標本内で必ず統計的独立性をもつということは、殆んど期待できないのが普通であるが、だからと云つて新地域のデータによつて改めて

---

・ 元のデータでは、特性因子 $\zeta_i$ の平均値と分散は必ず0、 $\lambda_i$ である。  
Ⅱ章参照。

Component Analysisをやり直して、新しいComponents を作ったのでは、前地域との比較ということが出来ないから新しいデータが、前の地域の標本で示されるような母集団に属するということを、先ず仮定して、上記のような検定を行うのである。

ここに一例を示して、さらに具体的な説明を加えよう。

ここに示す例は、同じく、芦生演習林第16 林班内のスギと広葉樹の混交した天然林で、Ⅱ・2に用いたデータをとった地域に隣接した約5 haの区域からとったものである。この区域に、Ⅱ・2の例と同性質の標本プロットを、9個ランダムに設け、Ⅱ・2の例と同じ様に基礎測度を測定した。

ここに得られたデータは、第Ⅳ・1表の通りである。

このデータを、Ⅱ・2例と比較してみよう。

先ず、Ⅱ・2例の規準化に用いたと同じ平均値と標準偏差\*によつて、各基礎測度の値を規準化し、第Ⅱ・2表の係数によつて、各特性因子の値を求めると、第Ⅳ・2表のようになる。この各値の平均値 $m$ と分散 $\sigma^2$ 及び、 $m=0$ の検定のための $t$ 値と、 $\sigma^2=\lambda$ の検定のための $F$ 値を求めると、第Ⅳ・2表の右欄に示したような値になる。この場合、 $t$ 分布の自由度は(31)、 $F$ 分布の自由度(24,8)である。

表中有意なものには・印をつけた。

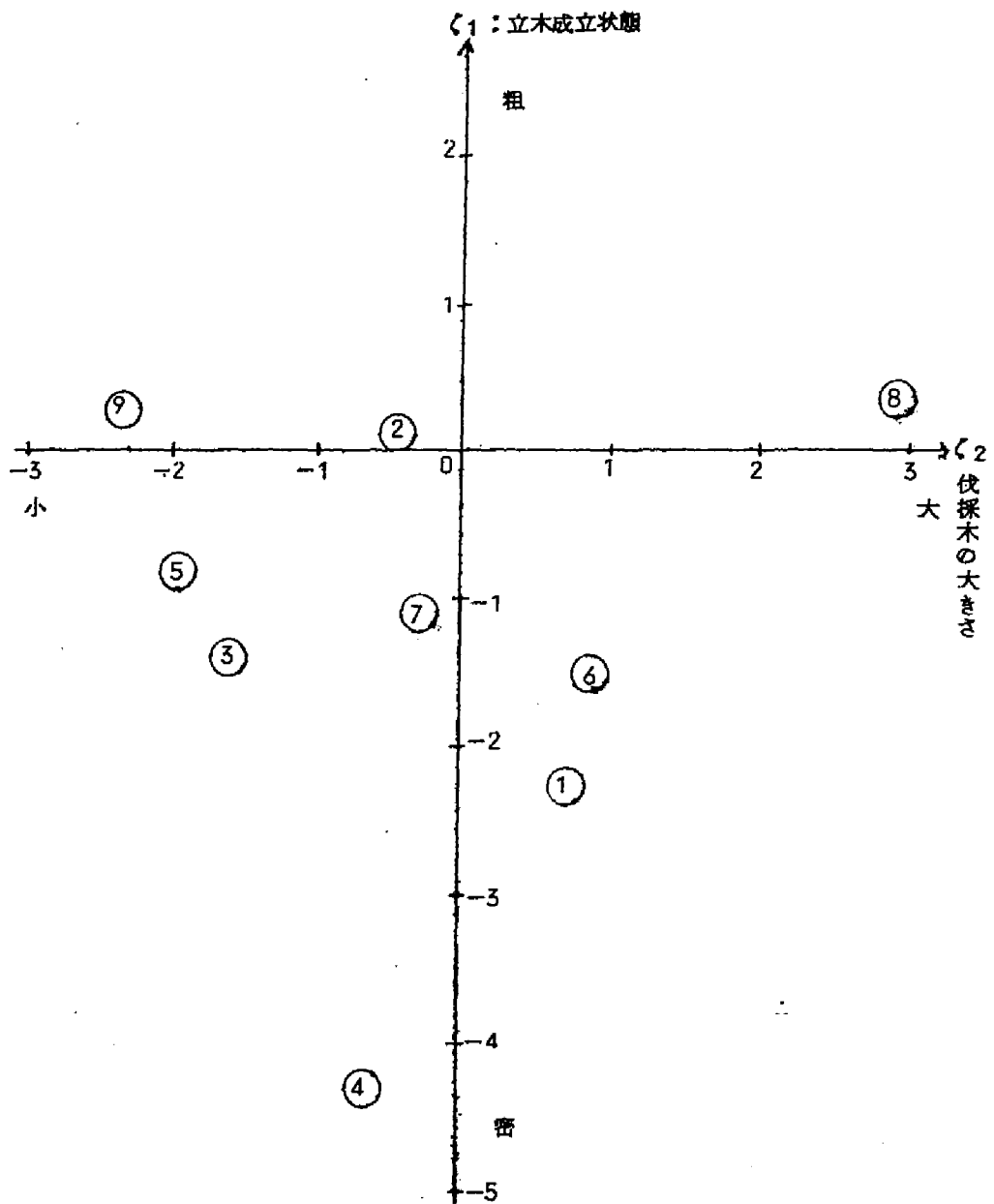
また、この各特性因子の値をグラフに書くと、次の四つの図のようになる。

第Ⅳ．1表 根切り作業データ (1962年度, 芦生)

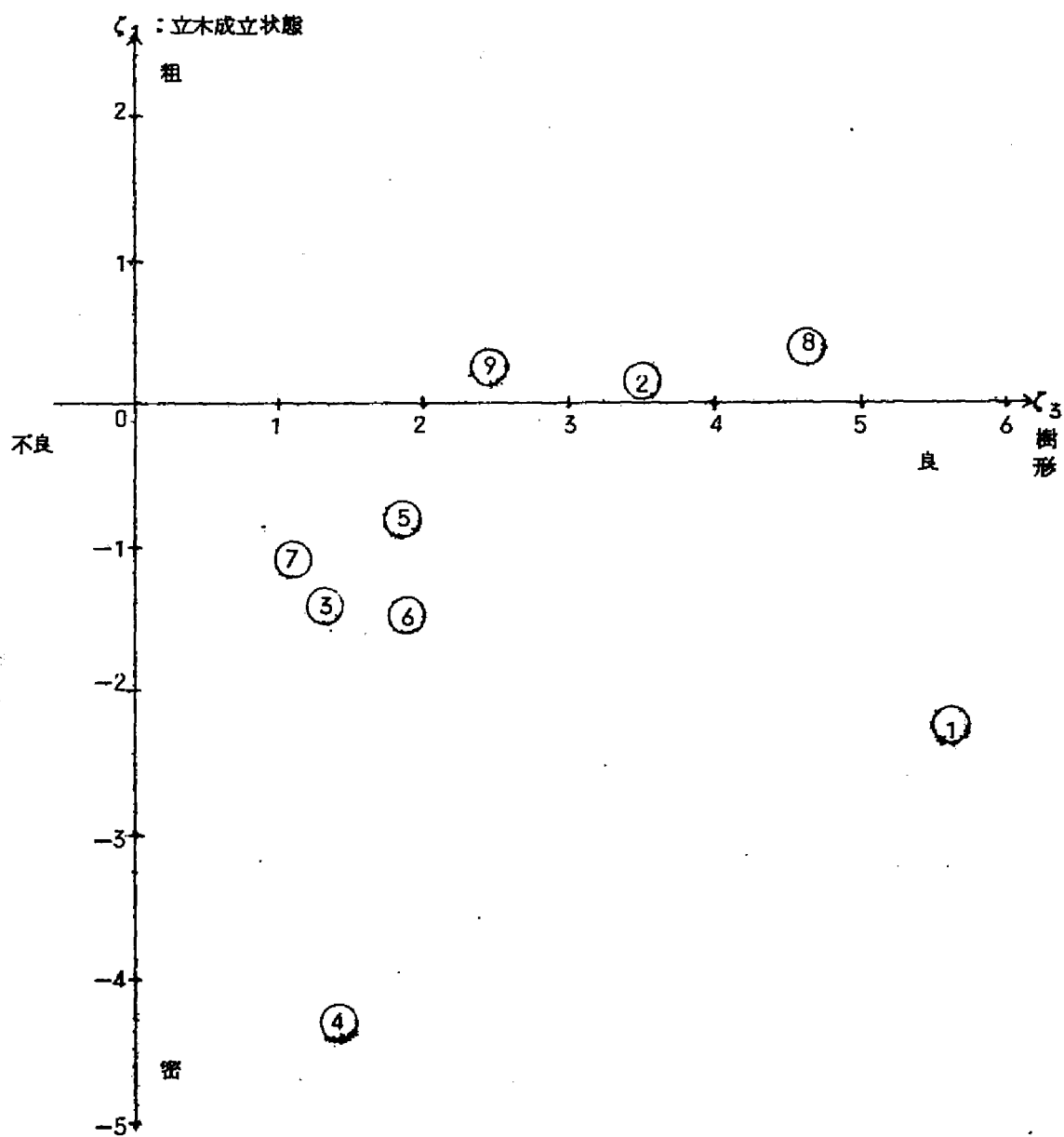
プロット番号 基礎 測定因子	1	2	3	4	5	6	7	8	9	単 位	平均値	分散
1. 平 均 勾 配	23.5	29.5	29.5	20.0	21.5	20.0	25.3	20.3	44.0	度	26.0	51.0
2. 立 木 密 度	5.4	5.1	8.5	12.2	5.7	8.5	8.3	4.4	6.9	本/100m <sup>2</sup>	7.2	6.8
3. 伐 木 密 度	4.9	3.0	6.9	10.0	4.9	5.9	6.1	3.2	3.7	本/100m <sup>2</sup>	5.4	4.2
4. 平均胸高直径	31.5	34.5	30.8	27.6	27.4	33.5	33.1	37.1	28.8	cm	31.6	8.5
5. 胸高直径の分散	47.8	93.6	106.8	61.5	52.5	161.8	103.0	314.2	35.3	cm <sup>2</sup>	108.5	6644.0
6. 平 均 樹 高	19.1	17.4	14.9	16.2	14.7	16.7	15.9	18.2	15.0	m	16.5	2.1
7. 立木材積密度	3.410	2.779	5.239	6.560	2.610	6.147	4.949	5.829	1.911	m <sup>3</sup> /100m <sup>2</sup>	4.410	2.312
8. 平均枝下高	10.2	7.1	5.3	7.0	5.8	6.0	5.0	7.8	6.7	m/本	6.8	1.8
9. 平 均 枝 数	23.0	27.0	23.0	27.0	31.0	31.0	28.0	29.0	27.0	本/本	27.3	9.4
実働1時間1人当り 根切り出来高	1,185	1,609	1,444	1,466	1,127	1,160	1,852	2,852	0,944	m <sup>3</sup> /man hour		
根 切 り 実 働 率	60.3	55.6	77.0	61.1	71.6	80.7	78.9	73.6	80.1	%		

第Ⅳ、2表 各プロットの特徴値と、Ⅱ、2例との類似性の検定

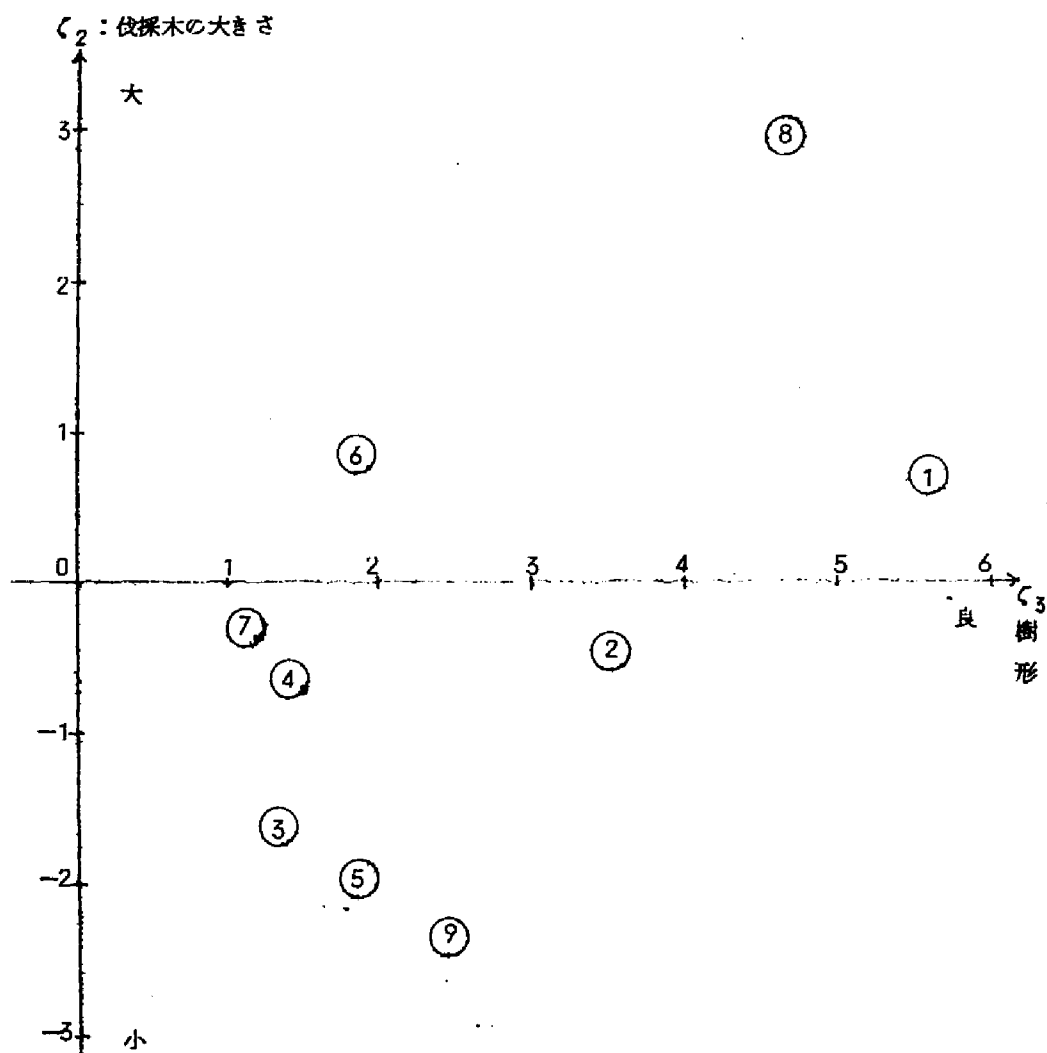
プロット番号 特性因子										平均値	分散	$t$	$F_{8}^{24}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$m$	$\sigma^2$		
$\zeta_1$ : 立木成立状態	-2.262	0.144	-1.400	-4.302	-0.808	-1.450	-1.082	0.366	0.261	-1.170	1.935	1.852	1.708
$\zeta_2$ : 伐採木の大きさ	0.719	-0.460	-1.613	-0.640	-1.943	0.878	-0.300	2.961	-2.318	-0.302	2.411	0.474	0.970
$\zeta_3$ : 樹形	5.593	3.521	1.317	1.411	1.852	1.874	1.095	4.652	2.439	2.639	2.273	5.203	0.608
$\zeta_4$ : 林型	2.440	1.421	-0.250	0.138	0.307	-0.679	-0.032	-1.584	1.914	0.414	1.471	1.057	0.527
$\zeta_5$ : 地型	-0.822	-0.699	0.388	-1.393	-1.727	-0.562	-0.388	-0.309	0.569	-0.549	0.490	1.931	0.946



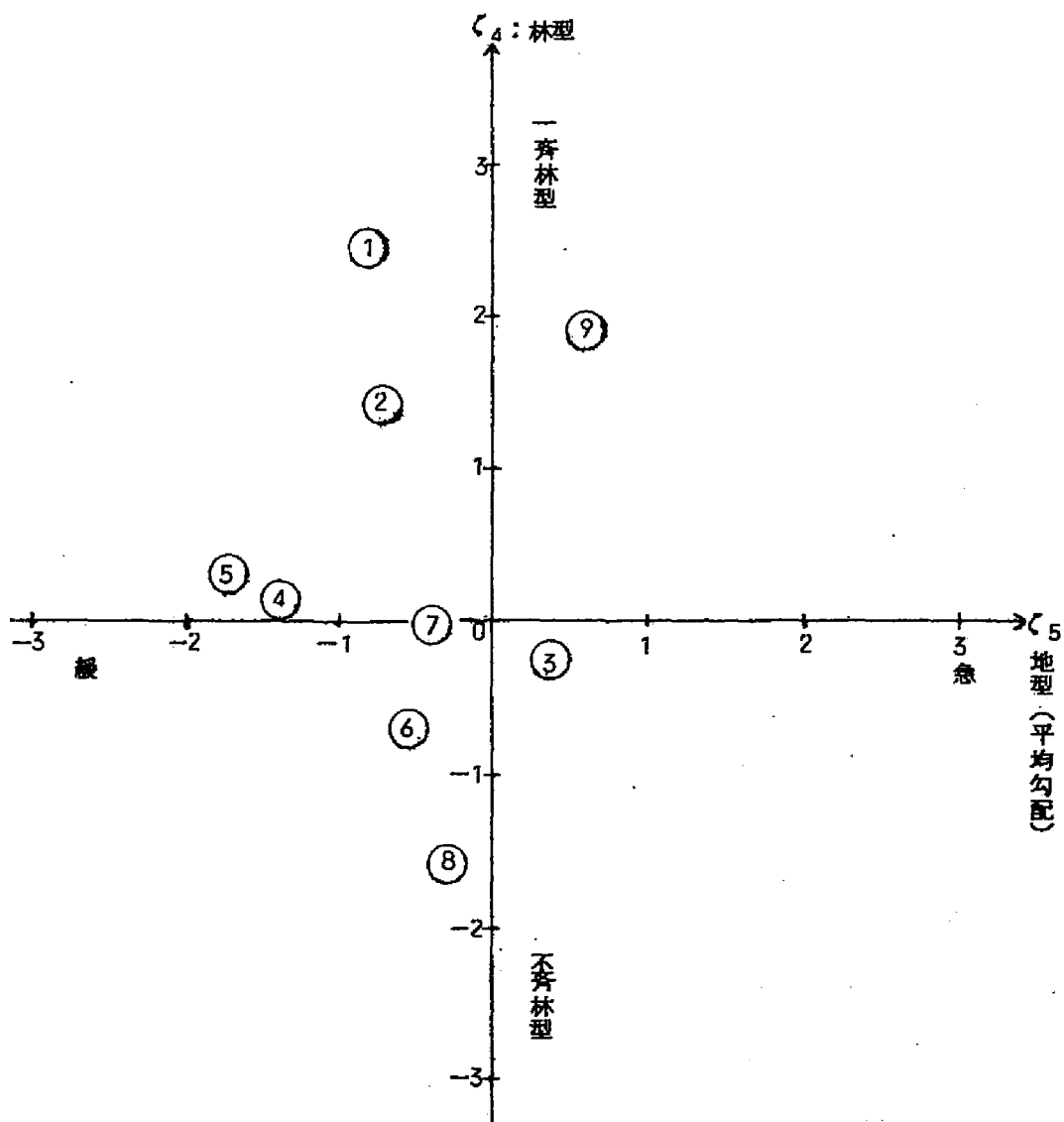
第Ⅳ．１図 各プロットの特徴値（その１）



第Ⅳ - 2図 各プロットの特徴値 (その2)



第Ⅳ - 3図 各プロットの特徴値 (その3)



第Ⅳ．4図 各プロットの特徴値(その4)



また規範因子についても、同様な計算をすると、第Ⅳ．3表の様になる。

第Ⅳ．3表 各プロットの規範因子値とⅡ．3例との類似性の検定

プロット番号 規範因子	平均値									分散 $\sigma^2$	$t$	$F_{8}^{24}$	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
$\eta_1$ : 出来高に対する 性格の測定	3,964	2,066	1,381	2,658	1,707	3,330	1,347	5,287	0,693	2,493	1,919	5,528	0,483
$\eta_2$ : 実働率に対する 性格の測定	1,245	0,902	-0,610	-0,901	-0,209	-0,749	-0,238	0,233	-0,433	-0,084	0,487	0,225	1,905

この結果は、各特性因子の分散においては、いずれの因子についても、前例と同一であると仮定できるが、平均値については、 $\zeta_3$ （樹形）及び、 $\eta_1$ （根切り出来高に対して、最大の相関をもつ測度）の二因子において、有意差を認めなければならない。

したがって、内部特性においては、この地域は、 $\zeta_1$ ：立木成立状態、 $\zeta_2$ ：伐採木の大きさ、 $\zeta_4$ ：林型、 $\zeta_5$ ：地型の四つの概念において、前例と異なる母集団に属するものであるとは考えられないが、 $\zeta_3$ ：樹形に関しては、前例よりも良質（ $\zeta_3$ が大：すなわち、枝下高が高く枝数が少い）であるということが云える。一方、規範因子に関しては $\eta_2$ ：根切り実働率に対して最大の相関をもつ測度、においては同性質であると見なすことが出来るが、 $\eta_1$ ：出来高に対して最大相関をもつ測度については、明らかに異質なものであると断定しなければならない。

前域との比較によつて得られる新地域の性格に関する情報は、以上のようなものであるが、このような情報から、作業工程推定式の適用可否の問題の判断に関して、次のようなことが云えるのではないだろうか。

先ず、根切り出来高の推定は、同質で

あると判断された二特性  $\zeta_1$  及び  $\zeta_2$  によつてなる (Ⅲ・1) 式

$$y_1 = -0.23310 \zeta_1 + 0.38396 \zeta_2 + A\sigma$$

によつてなされるべきであつて、異質であつた  $\eta_1$  による推定式 (Ⅲ・8) は用いない方がよい。一方、根切り実働率に対しては、異質であつた特性  $\zeta_3$  による推定式 (Ⅲ・2) よりも、規範因子  $\eta_2$  による (Ⅲ・9) 式

$$\zeta_2 = 0.5042 \eta_2 + A\sigma_2$$

を用いた方がよい。

### 3. 伐採地の性格による作業工程の偏よりの推定

実験の場合として林野を利用する場合、あるいは、単に工程管理という面から見た場合においても、伐採地の性格が、作業工程をどの位偏よらせているかを推定することは、非常に重要な問題である。そうして、このような場合には、必ずⅢ章において述べたような既成のデータによつて、推定しなければならないのである。

このような既成データによる推定法として従来、もつとも良く使われている方法は、Ⅲ・3.1の例のように、胸高直径だけによる推定法である。勿論、これも一良法には、違いないのだけれども、この場合には、前節に示したような推定式の適合性の判断が、可成り曖昧にならざるを得ないのである。というのは、前にも述べたように、この胸高直径という測度自体が、何を表現しているものであるかということが、既に不明瞭であるからである。それに反して、特性因子や規範因子によれば、それらが、少くとも前例においては、統計的独立性が成立していたことから、その性格が比較的是つきりしており、推定式の適、不適の規準を前節にみたように、比較的明快な統計的方法によつて示すことができるのである。

ここに、作業工程の偏よりの推定例として前節の例の続きを述べておく。なお、この例は、前例とは全く違う作業グループによつて作業組構成人数の作業工程に対する影響を調べるために行われた調査例で、使用機械としては、Stihl チェーンソーを用いている。

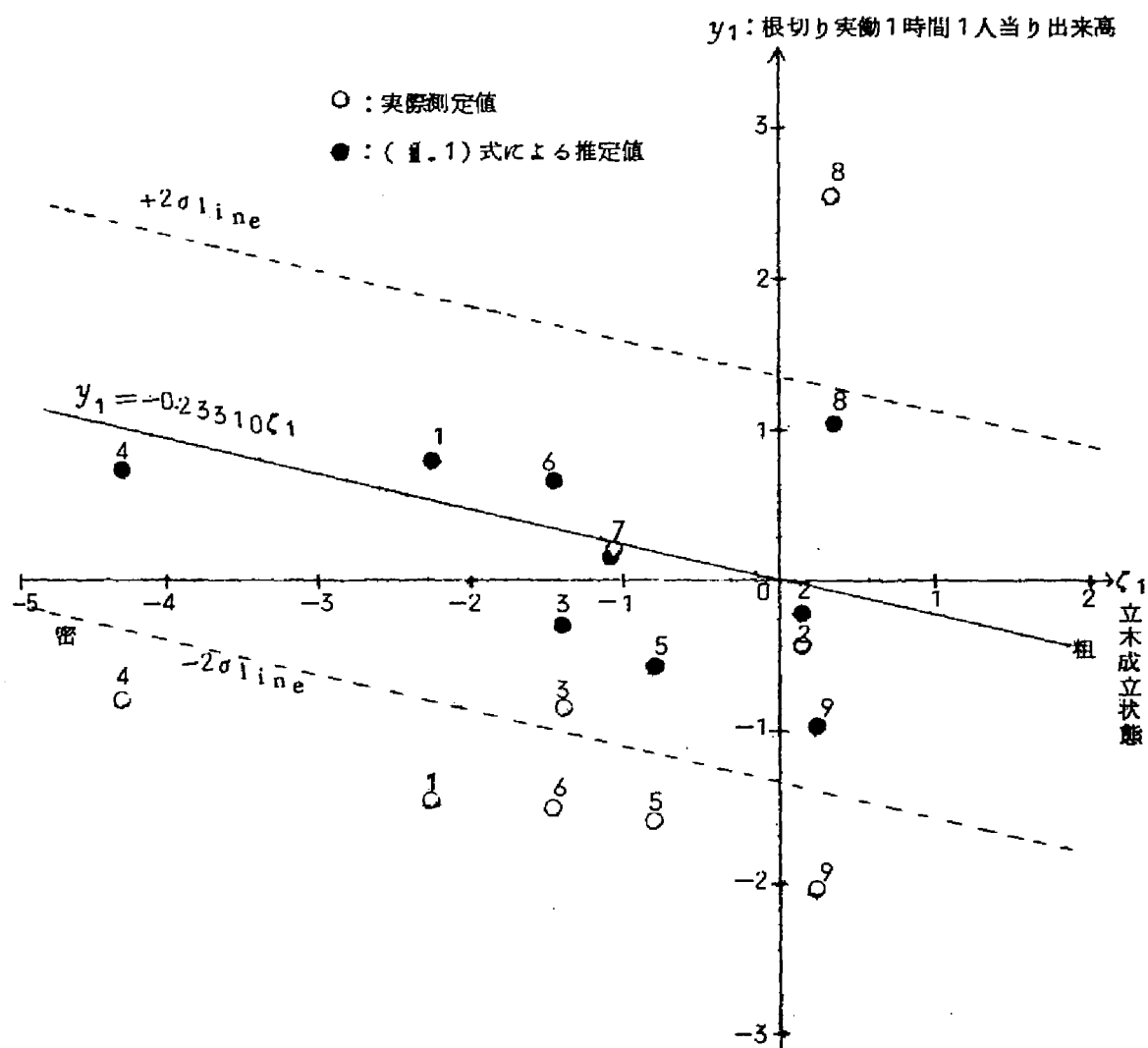
前節の終りに、根切り出来高に対しては、(Ⅲ・8) 式より、(Ⅲ・1) 式を、実働率に対しては、(Ⅲ・2) 式よりも (Ⅲ・9) 式を用いるべきであるということを述べたのであるが、一応、この四つの式による推定値と、

実際のデータを並べてみると第Ⅳ・4表のようになる。また、これらの推定式上の実際との比較を

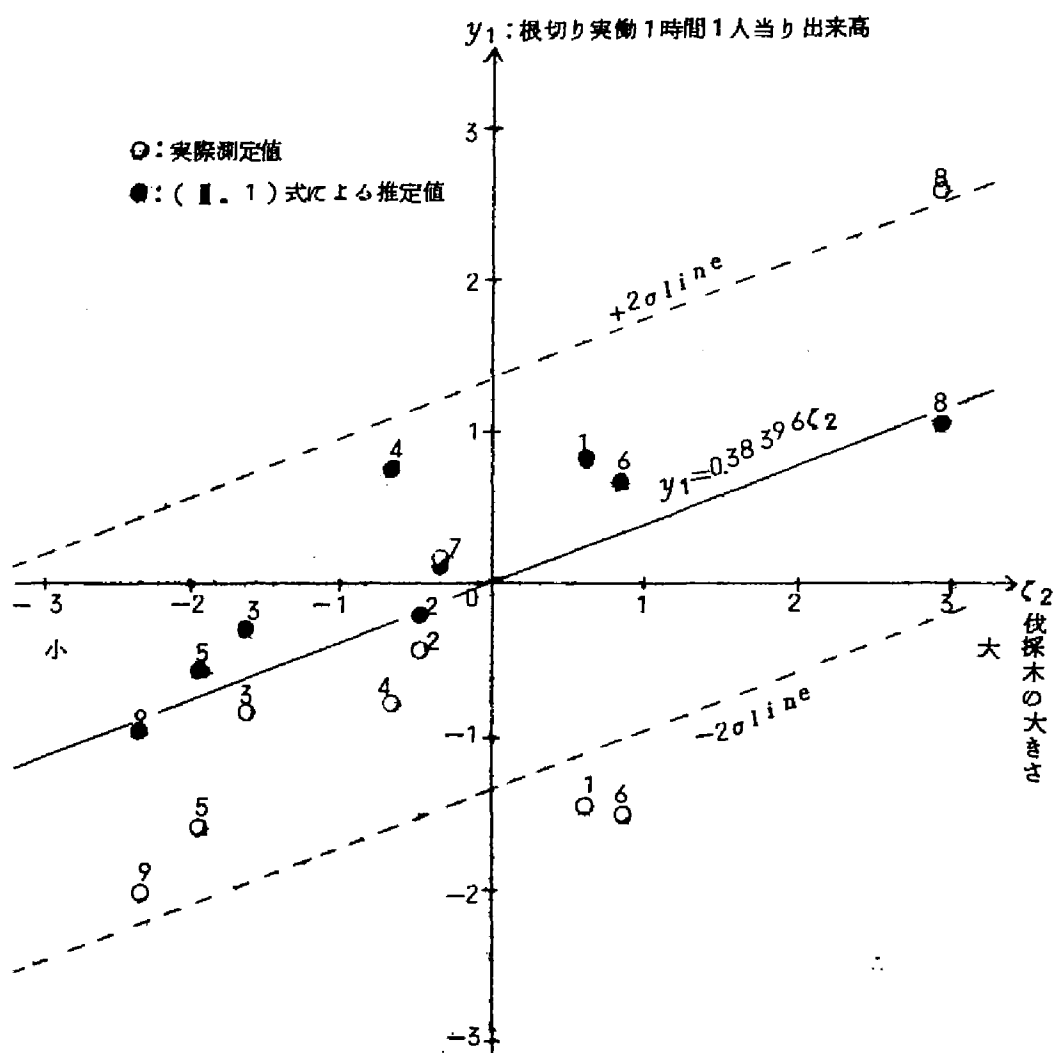
第Ⅳ・4表 既成データによる推定値と実際値との比較

プロット番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	差の $\chi^2$ 検定
① $y_1$ : 実働1時間1人当り 根切り出来高実際値 (Ⅲ・1)式による推定値	-1.451	-0.429	-0.827	-0.773	-1.590	-1.511	0.157	2.566	-2.029	5%有意
	0.803	-0.210	-0.293	0.756	-0.558	0.675	0.137	1.052	-0.951	
② $y_2$ : 根切り実働率実際値 (Ⅲ・2)式による推定値	-0.514	-0.951	1.036	-0.440	0.535	1.380	1.213	0.721	1.324	有意差なし
	2.131	1.342	0.502	0.538	0.706	0.714	0.417	1.772	0.929	
③ $c_1$ : 主として出来高を表 わす規範実際値 (Ⅲ・8)式による推定値	-1.575	-0.679	-0.543	-0.884	-1.433	-1.129	0.479	2.735	-1.657	1%有意
	3.472	1.810	1.210	2.328	1.495	2.917	1.180	4.631	0.607	
④ $c_2$ : 主として実働率を表 わす規範実際値 (Ⅲ・9)式による推定値	-0.259	-0.851	1.140	-0.299	0.781	1.587	1.149	0.275	1.618	有意差なし
	0.627	0.455	-0.307	-0.454	-0.105	-0.377	-0.120	0.117	-0.287	

グラフ上に書くと，根切り出来高に対する（Ⅱ．１）式に対して第（Ⅳ．５）図，第（Ⅳ．６）図のようになる。

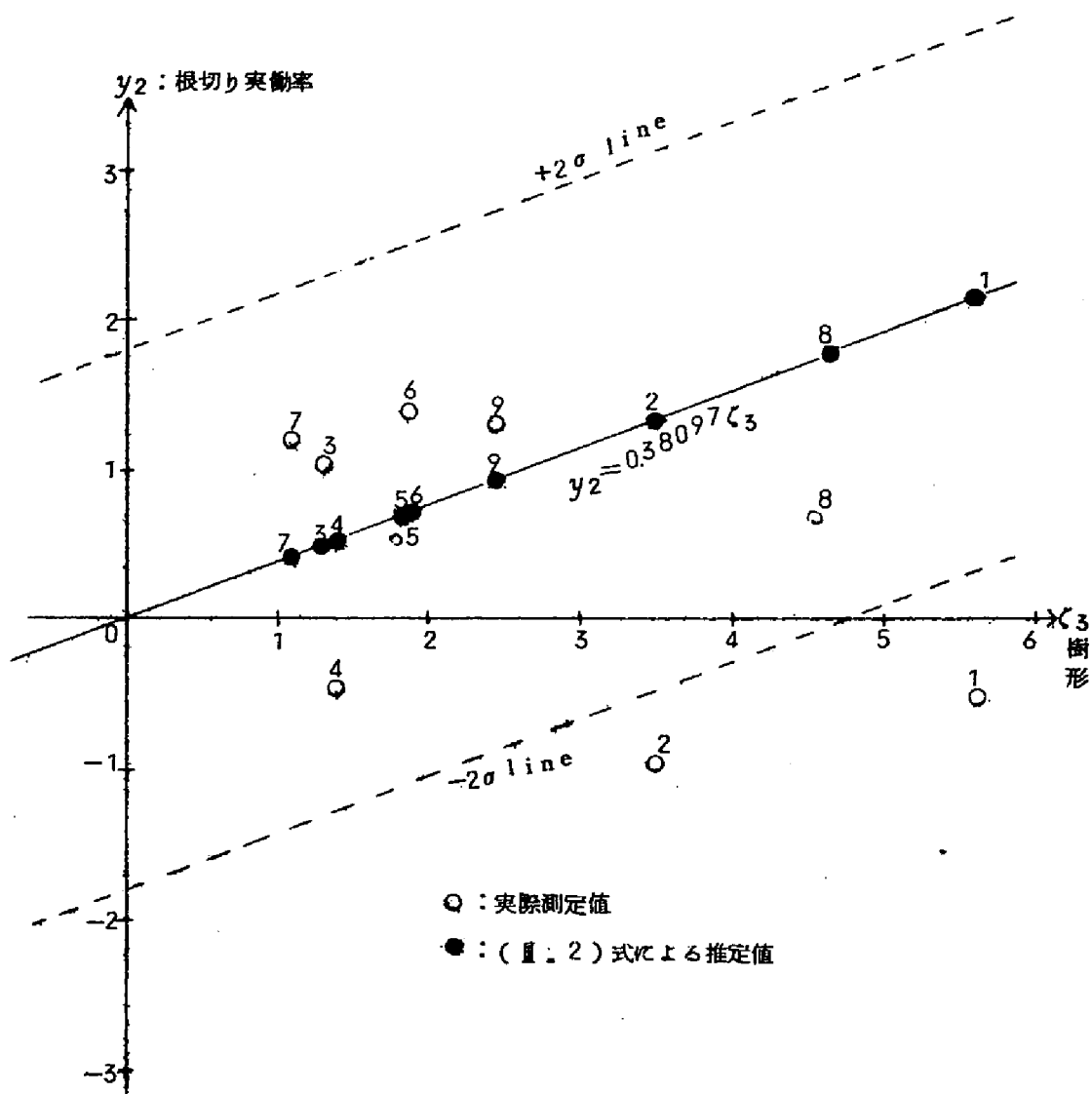


第Ⅳ．５図 根切り出来高の推定値と実測値の比較（その１）



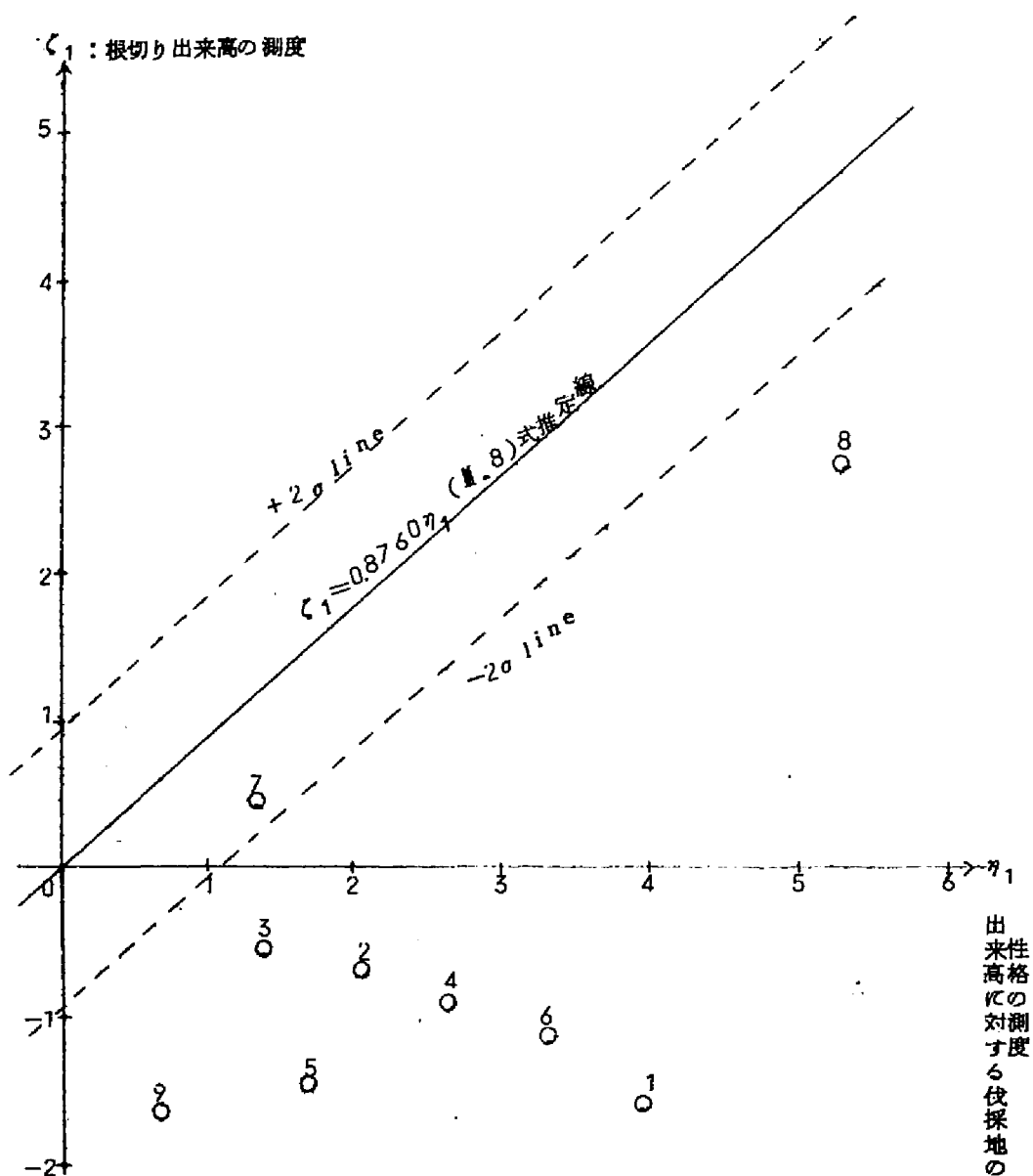
第Ⅳ、6図 根切り出来高の推定値と実際値の比較 (その2)

根切り実働率に対しては、第Ⅳ・7図の通りである。

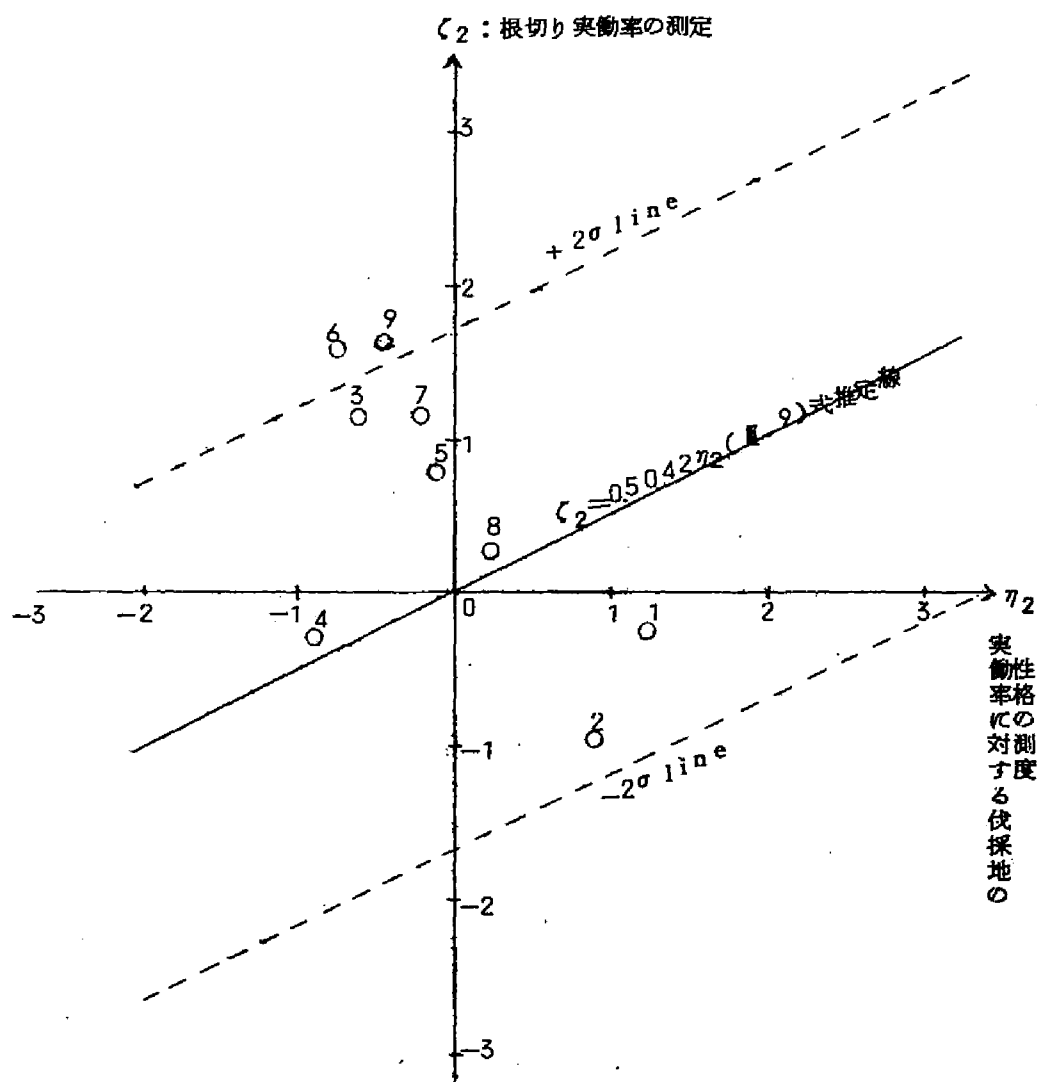


第Ⅳ・7図 根切り実働率の推定値と実測値の比較

また，規範因子による推定式（Ⅲ・８）（Ⅲ・９）式については，次の第Ⅳ・８図，第Ⅳ・９図が書ける。



第Ⅳ・８図 規範因子による根切り工程（出来高）推定値と実測値の比較



第Ⅳ．9図 規範因子による根切り功程（実働率）  
推定値と実測値の比較



この第Ⅳ．４表の根切り実働１時間１人当り出来高と実働率は、いずれも、元のデータ<sup>\*</sup>の平均値と標準偏差を用いて規準化したものである。なお表中の右欄は、計算値と実際値の差を $\chi^2$ 検定した結果である。

さて、前節の終りに述べた推定式適用の妥当性に関する推論を一応正しいものと仮定するならば、次のようなことが、上の第Ⅳ．４表及び、五つの図から述べられるのではないかと思う。

まず、根切り出来高に関して、推定式（Ⅲ．１）の値と実際の出来高との間に、有意差が認められたことは、前節に結論した $\zeta_1, \zeta_2$ の同質性から、推定式の不適合ではなく、一応、内部特性以外の作業条件の違いに帰さるべきものと考えた方がよい。この例では、内部特性以外の作業条件の違いとしては、作業グループが、全く異なること、及び、この例では、実験因子として、作業組の構成人数をとっていることがある。とにかく、ここに認められた前例との出来高の差は、作業者に関する条件の違いによるものという結論を、一応下すことができる。

一方、根切り実働率に関しては、推定式と実際値の差に、第Ⅳ．４表の②、④いずれの組合せにおいても有意差を認められなかつた。

したがって、前節に示される結論から、（Ⅲ．９）式の適用の妥当性を信じるならば、実働率に対しては、伐採地の性格以外の作業条件（この場合、作業者の違い）の違いは、殆んど影響していないという推論が成立する。

たゞ、ここで（Ⅲ．９）式によつて求められるものは、実働率そのものではなくて、

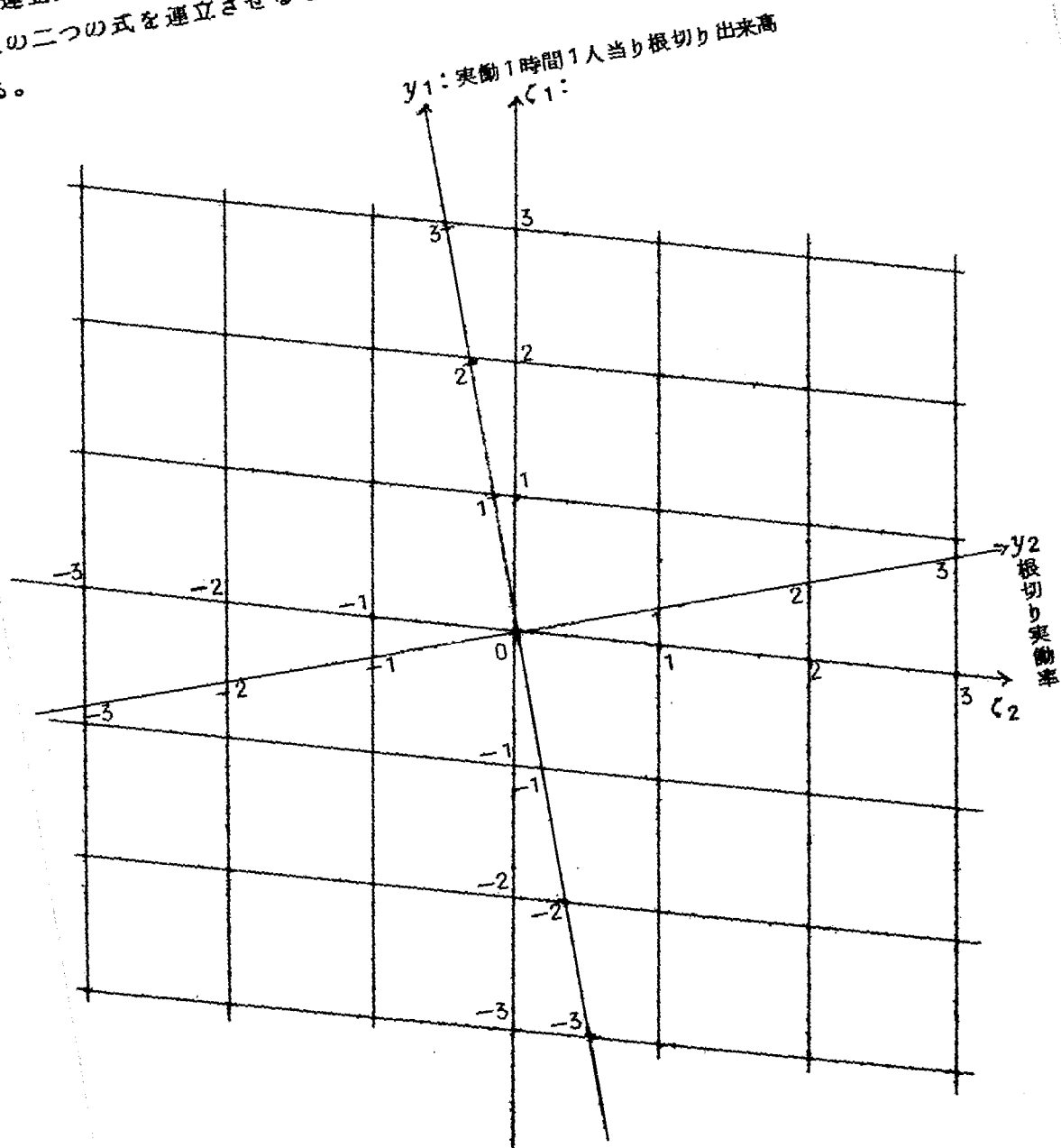
$$\zeta_2 = -0.16502y_1 + 0.96939y_2$$

であるから、実働率 $y_2$ を求めるためには、 $y_1$ ：出来高の値を他で求めて代入するか、また、（Ⅲ．８）式の適用が許される場合ならばそこに求められる $\zeta_1$ 値によつて

$$\zeta_1 = 0.99176y_1 + 0.26652y_2$$

・ 附録参照

との連立方程式を解くという操作をする必要がある。  
 上の二つの式を連立させると、次の第(Ⅳ・10)図のようなグラフが書ける。



第Ⅳ・10図  $c_1, c_2$  と  $y_1, y_2$  の関係

#### 4. 作業工程分析における伐採地条件による効果の削除

林内の作業の工程に対する要因分析をする場合、共分散分析法を用いて環境因子の影響を除いてやりたい場合が多い。特に伐採地の違いによつて生ずる工程値の偏よりを除く必要のある場合が、最も多いだろうと思われる。

この方法として、Ⅱ，Ⅲ章に述べてきたような特性因子あるいは規範因子による推定式を利用する方法が考えられる。

Ⅲ章1，2節に用いた例の根切り作業工程について、元のデータから、(Ⅲ.1)，(Ⅲ.2)式によつて得られる値を、伐採地の性格によつて引き起された偏よりとして差引き、そこに得られる一応修正されたと考えられるデータによつて、実験因子による分散分析をすれば、出来高、実働率に対して、それぞれ、第Ⅳ.5表、第Ⅳ.6表のような分散分析表が得られる。

第Ⅳ.5表 実験因子の根切り出来高に対する分散分析表

要 因	d.f.	S.S.	M.S.	有意水準
作 業 組	3	366.088	122.029	1 %
使用機械 { 手鋸と機械の差	1	4,691.251	4,691.251	
	1	290.521	290.521	
e <sub>1</sub>	6	2,167.408	361.235	
e <sub>2</sub>	12	3,566.216	297.184	
T	23	11,081.484		

第Ⅳ.6表 実験因子の根切り実働率に対する分散分析表

要 因	d.f.	S.S.	M.S.	有意水準
作 業 組	3	5,339.377	1,779.792	
使 用 機 械	2	3,842.020	1,921.009	
e <sub>1</sub>	6	3,351.835	558.639	
e <sub>2</sub>	12	6,851.574	570.964	
T	23	19,384.806		

この例の実験因子を再記すれば，使用機械（手鋸，McC-150, Stihl）及び作業組（3名1組）4組である。

この方法は，勿論，完全な方法ではないが，統計的には，一応の結果として，根切り出来高に対しては，手挽き作業とチェーン・ソー作業との間のみ有意差が認められるが，実働率に対しては使用機械，作業組共に有意な因子ではないという結論を下せるであろう。ちなみに，ここで求められた手鋸作業とチェーン・ソー作業の間の根切り出来高の差は，実働1時間1人当たり $0.389\text{ m}^3$ であつた。

これは手鋸作業の平均出来高の約3.5%に相当する。

## V 結 論

以上に述べた所から，伐採地の性格およびその作業工程に対する影響について，次の如き結論を得る。

伐採地がスギ広葉樹の混交天然林である場合，その林地自体の内部的性格として，次の五つの独立な概念的特性が見出された。

### ① 立木成立状態あるいは分布状態

この特性は，立木密度，伐木密度，材積密度，胸高直径の分散などによつて総合的に表わされるものである。場合によつては，立木の分布状態が，平均勾配その他の条件と何らかの関連性をもっていることもある。兎に角立木の分布状態を表わす特性が他のものとは統計的に独立なものとして存在しうる。

### ② 伐採木の大きさ

平均胸高直径および平均樹高などの伐採木の大きさを表わす因子によつて表現されるもので，立木成立状態を表わす特性との間に特に強い独立性を示す特性である。

### ③ 樹形

枝下高の高底，枝数の多寡によつて表現される特性である。

### ④ 林型

その林分が一斎林型であるか不斎林型であるか，その推移程度を示す特性。

### ⑤ 地 型

地面の傾斜によつて表わされる特性。

しかし，この五つの特性が伐採地の性格の全てを説明するものではないことは明らかなので，基礎測度のとり方や，調査対象が変われば，上記の五つ以外の特性も見出すことが出来るという可能性は十分ある。また，このよ●な内部的な特性だけによつては，どうしても把へ得ない性格面も存在するであろうということも十分考えておかなければならない。

場合によつては，それらが一体何であるかを具体的に知ることは出来なくとも，何かの外部的要求——この論文では，作業工程との関連性を表現することであつたが——に適合するような型で伐採地の性格を全体的に表現することが，規範因子の性質を利用することによつて，ある程度達せられる。

さて、ここに得られたところのスギ広葉樹混交天然林における伐採地としての概念的内部特性が伐木造材作業工程に、どのような影響を与えるものであるかということについての結論は次の通りである。

#### Ⅰ) 根切り作業工程について

根切り作業の実働1時間1人当り出来高に対しては、立木成立状態および伐採木の大きさが影響するが、地型その他は本質的に影響しない。

立木成立状態に関しては、大体密な林程、出来高が高くなる傾向をもっている。また一方、伐採木の大きさに関しては、伐採木が大きい程、出来高が高く、小さい程低くなる傾向があるが、この傾向は前者に較べてはるかに強いものである。そうして、この根切り出来高の変動に対して、これら二つの内部特性は殆ど決定的な影響力をもっている。

根切り実働率に対しては、樹形のみが影響し、他の特性は影響しない。枝下高が高く枝数の少ない場合、一般に樹形が良いといわれるような場合には実働率が高く、その逆の場合には低い傾向がある。しかし、その影響力はそれ程強いものではなく、根切り実働率の変動因は、むしろ伐採地の内部特性以外に求めなければならない。

#### Ⅱ) 玉切り作業工程について

玉切り作業の実働1時間1人当り出来高に対して、伐採地の四つの内部特性は影響を与えない。しかし、これは、伐採地の性格が全く関連性を持たないと言うのではない。その全体的性格を規範因子によつて表現すれば、そこに有意な関係を見出すことができるのである。たゞ、立木成立状態、伐採木の大きさ、林型、地型の四つの特性に関するかぎり玉切り出来高に影響を与えるものではないと結論することが出来る。

玉切り実働率に対しては、立木成立状態および伐採木の大きさが影響をもち、立木の分布が密である程実働率が高くなり、粗である程低くなるという傾向、及び、伐採木の大きさが大である程実働率が下り、小である程高くなるという傾向がある。そうして、その影響力は、前者の傾向において特に強く、玉切り実働率の変動因の大半は、この二つの特性に帰することが出来る。

本論文において下しうる結論としては、以上のようなものであるが、こゝ

にもう一つ附加しておきたい。

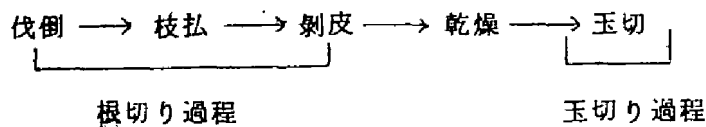
それは、ここで、内部特性という言葉で表現されている伐採地の概念的性格は、それが根元的なものであり、それらと作業工程との関係が必然的な因果関係として存在しているものであるということは決して言えないということである。むしろ、こゝに結論として述べた伐採地の概念的な内部特性は一つの便宜的な把握法あるいは表現法として述べたのであつて、かくの如き方法によつて表現するならば、伐採地の性格、あるいは、それと作業工程との関連性を比較的簡単に把へ表現することができるということなのである。

## VI 要 約

この論文は、主として、京都大学農学部附属芦生演習林のスギと広葉樹の混交した天然林において行われた伐木造材作業工程についての調査結果をもとにして、伐採地の性格——林地、林分に関するいろいろな様相——それ自体およびその伐木造材作業工程に対する影響について論じたものである。その主要部分をここに要約する。

### 1. 伐採作業の工程表示

芦生演習林におけるスギ伐採作業は、次のような過程をとって行われた。



この過程では、途中に乾燥過程が入っているので、根切り過程（伐倒、枝払、剥皮）と玉切り過程とは全然別々の独立な過程となつている。

この作業順序が、全てのスギ伐採法として用いられるものではないが、このような場合には、同一時に同一作業者によつて一連の作業として行われる根切り作業（伐倒、枝払、剥皮）を作業工程表示のための単位とまり作業として、玉切り作業と別個に切り離して論じた方がよい。その理由は、根切りと玉切りはそれぞれ独立な作業として成り立っており、お互いに余り干渉し合わないが故に、無理なくその工程を別々に論じうるものであるからである。

上の芦生での例では、その各作業工程を

{ 実働1時間1人当り出来高  
実働率

の二因子によつて表現することにした。この二表現が大体独立なものであることが Canonical Analysis の結果証明された。



## 2. 伐採地の性格とその表現法

森林というものの呈する種々雑多な様相に何かのまとまりをつけようとするとき、一体どのような見地あるいは態度によつてのぞんだらよいかということが問題である。

こゝで、絶對的に科学的態度で望むとすれば、先ず森林というものに対するわれわれのもっている先入観を全て投げ捨て、しかも人間の外物に対する認識手段であるところの五官さへも投げ捨てゝかゝらなければならないことになるだろう。しかし、そこまで徹底することは現今の科学的方法によつて可能であるとは思われない。それゆゑ、こゝにある確定した一つの森林に対する見方というものをとることによつて森林の呈する様相のまとめのための方向づけをする必要がある。

この論文では、森林の一部である伐採地の作業の場としての性格が、その内部に局面的ないくつかの独立な性格（内部特性）を有すると同時に、伐採地を全体的統一体として眺めてみたときに始めて把へうるような性格ももっているという見方によつて論を進めている。

例として、平均勾配、立木密度、伐木密度、平均胸高直径、胸高直径の分散、平均樹高、立木材積密度、平均枝下高、平均枝数の九つの基礎測度によつて把へられる伐採地の様相をどのようにまとめることが出来、またそこにどのような性格を見ることが出来るかを考へてみると次のような結果が得られた。

### 1) 特性因子 —— 内部特性の表現

Component Analysis 法を応用して、上の九つの基礎測度因子 ( $x_1, x_2, \dots, x_9$ ) によるお互いに統計的に独立であつて、その分散が最大となるような一次結合

$$z_i = \ell_{i1}x_1 + \ell_{i2}x_2 + \dots + \ell_{i9}x_9 \\ (i = 1 \dots \dots \dots 9)$$

但し  $x_i$  は規準化値。

を求めた。 (Ⅱ・2.2)

この結果を検討した結果、各  $z_i$  をそれぞれ林学的概念によつて意味づけることができたので、そのそれぞれを特性因子と名付けた。

その各特性因子の表現する概念は次の五つである。

立木成立状態（分布状態），伐採木の大きさ，樹形，林型，地型。

Ⅱ章の例では，この五つの概念を表わす五つの特性因子の分散の和が全分散の90%余を占めていたので，上記の九つの基礎測度によつて表現されたところのものは，この五つの特性因子によつて十分表現し尽されていると考へられる。（第Ⅱ・2表および第Ⅱ・1～4図）

また，基礎測度として平均勾配，伐木密度，平均胸高直径，胸高直径の分散，平均樹高，立木材積密度の6因子をとつた全く別の例からも同様な結果を得ている。（Ⅱ・2・3）

したがつて，上記の五つの概念的特性が統計的に独立なものとして確かに存在しているものと考へられる。

この特性因子は，その各々に概念的意味を持たせうると同時に統計的に独立であるので非常に取り扱いやすい。

#### Ⅱ） 規範因子—— 全体的性格の表現

この規範因子とは，いわば外部的要求に対する合目的な全体的性格の表現法である。

本論文では，特にこの外部的要求として，作業工程との相関ということをとらげてその相関が最大になるような基礎測度の二次結合 $\eta_i$ を Canonical Analysis 法によつて求めた。（Ⅱ・3）

この $\eta$ を作業工程との関連性をもつともよく表わす伐採地の全体的性格の測度として取り扱うことができる。この $\eta$ も特性因子と同様に統計的独立性をもっているものである。

この分析によつて実働1時間1人当り出来高と実働率がお互いに可成り強い独立性をもつものであることが示された。

#### 3. 伐採地の性格の伐木造材作業工程におよぼす影響。

伐採地のもつ内部的特性あるいは全体的性格がどのように伐木造材作業工程に影響を及ぼしているかをスギ広葉樹混交天然林におけるスギ伐採作業について論じた結果を要約する。

#### Ⅰ) 根切り作業工程に対して

根切り実働1時間1人当り出来高に対しては、伐採地の内部特性として立木成立状態および伐木の大きさを表わす二つの特性因子が有意な要因であった。そうして、そこに平均的な伐採木の大きさが大きい程出来高が高く、また密な林程出来高が高くなるという傾向が見られた。(第Ⅱ・1・2図)

また一方、規範因子の方も可成り高い相関を示していた。(第Ⅱ・4図)

根切り実働率に対しては、樹形を表わす特性因子だけが有意であつたが、しかし、その影響の程度は全分散の20%に過ぎなかつた。

実働率に対して最大相関を示す伐採地の性格の測度と目される規範因子も余り大きな相関を示さなかつた。(第Ⅱ・3図, 第Ⅱ・5図)

したがつて伐採地の性格は根切り実働率の変動因として余り重要な役割を果たしているものではないと言える。

#### Ⅱ) 玉切り作業工程に対して

玉切り実働1時間1人当り出来高に対しては、内部特性のいずれを表わす特性因子も有意な関連性を示さなかつた。しかし全体的性格としては、その規範因子が十分な有意性を示した。したがつて、玉切り出来高に対して伐採地の性格が全く影響を与えていないとは言へないのであるが、余り重要な変動因でもないと思われる。

一方玉切り実働率に対しては、特性因子として、伐採木の大きさおよび立木成立状態の二概念を表わすものが有意であつて、伐採木の平均的な大きさが大きくなる程実働率が低下し、立木の分布が密になる程高くなるという傾向が見られた。特に、立木成立状態との関連性は強いものであつた。

#### 4. 適用の問題について

既成のデータを他の場所の性格あるいはそこで行われる作業の工程等を知るために利用しようと言う場合、果して、その場所が既成データを適用しうる所であるか否かを判別することは、重要な問題である。

この適用の問題に対しては、統計的に独立な性質をもつ特性因子あるいは規範因子によつて伐採地の性格が表現されているならば、比較的明快な解答をうることができる。

例へば、各特性因子は、その独立性及びそのもつ概念的意味から、新し

い伐採地が元の伐採地に対して、どのような点で異なりどのような性格において類似しているかを、その各特性因子の母集団の同一性を検討することによつて統計的に判断することができることを利用すればよいのである。(Ⅳ)

おわりに

この論文は、筆者が京大芦生演習林で得た資料を分析することによつて到達し得たところのいくつかの結果から、山林の伐採地としての性格あるいは様相の把握<sup>とら</sup>表現法についての二三の提案をし、それについて色々な議論をしたものである。

こゝに述べられた事柄は、伐採地の性格とはかくの如きものであり、それらの作業工程に対する影響はどれ位のものであると言ふような決定論的一般論ではない。概念的には可成りの一般性を主張しうるものもあるが、未だ多くの疑問が含まれており、決して局所論の域を出るものではない。残されている疑問の一部として伐採地の性格と作業工程との関連性という問題に含まれるものを列挙すれば次のようになる。

① 本論文に用いられた例では、常に約200~400 $m^2$ の広がりをもち伐採木10本を含むような規模の調査プロットをとつているのであるが、このプロットの規模によつて、その関連性が異なるのではないか。

② 作業者のグループが異なれば、また違つた傾向を得るのではないか。

③ 使用する機械や器具によつて異なる結果を生ずるのではないか。

④ 作業方法(作業順序)が異なればどうなるか。

⑤ 気候条件によつて異なる結果が得られないか。

⑥ 平常作業時と調査時との作業者の心理状態の違いによつて生ずる結果の異なりはどの程度のものであるか。

こゝに挙げたような問題は、統計学上の言葉で表現すれば、伐木造材作業工程に対する伐採地の性格の影響には、調査プロットの規模、作業グループ、使用機械、作業方法、気候条件等との交互作用があるのではないかと言ふことである。

この他にも色々な問題が残されているのであるが、こゝに提案された方法は、森林の林内作業の場の条件としての層別法として、重要な手がかりとなりうるのではないかと筆者は考えるのである。

末筆ながら、筆者がこの論文を書くに当つて直接間接に御教導をいただき又、研究上の便宜をはかると同時に、常にはげましをいただいた京大農学部杉原彦一教授および佐々木功助教授他の幾多の先生方に深甚の感謝の意を表する。また、昭和37年度に京大を卒業した喜多山繁、三木鴻平、西川盛二他の諸氏には、資料蒐集のために非常な御苦勞を願つた。心底から感謝する。

なお、この論文に用いられた資料の整理計算の大部分は、京大計算センターのKDC-Iによつて行つたものである。当電子計算機の管理者及びオペレーター諸氏に感謝する。

## 附 録      作 業 功 程 調 査 資 料

本論文、Ⅱ章及びⅢ章において用いた伐木造材作業の功程調査資料は、京都大学 芦生演習林内の第16林班の一部約12haの地域において、1961年の5月から8月にかけて測られたものである。

この地域は、スギと広葉樹（ブナ、ナラ、シデなど）の混交した天然林で伐採対象とされたスギは、主として尾根筋に優勢で、一方広葉樹は、谷筋に優勢であつた。そうして、谷筋には、スギは全くないと云つてよい程少かつた。このデータは、谷筋のスギの全く無い所を含んでいない。

先ず、根切り作業の功程調査のために、この全地域にランダムに24個の調査プロットを設定したのであるが、そのそれぞれから得た資料は、第A1表である。

ここに、根切り作業とは、伐倒、枝払、剥皮の三過程を含んでいる。

ここに設けられた調査プロットの規格は、

- ① 面積      約200~400m<sup>2</sup>
- ② プロット内では、勾配が一様である。
- ③ プロット内では、林相も一様である。
- ④ 伐採木10本を含む

であつた。

第A. 1表. そゝ1 根切り作業功程調査資料 (1961. 5~7. 苗生第16林班内)

プロット番号 考慮 側因子	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12											
	36	30	32	30	23	36	38	37	20	37	38	35
1. 平均勾配	6.52	7.82	12.1	8.2	12.9	9.1	7.8	5.0	16.5	9.7	5.4	7.7
2. 立木密度	4.35	2.10	3.1	3.5	5.8	3.7	2.4	3.5	7.6	4.3	4.5	7.0
3. 伐木密度	40.0	35.4	33.3	40.0	33.1	34.5	35.3	39.1	37.6	43.6	36.4	38.2
4. 平均胸高直径	226.0	70.2	94.2	142.5	81.4	172.4	163.0	205.5	80.0	113.4	206.7	20.8
5. 胸高直径の分散	18.3	15.9	16.5	14.3	14.6	14.0	14.0	14.6	16.1	17.3	15.0	18.0
6. 平均樹高	4.799	1.639	2.421	3.456	3.905	2.860	1.878	3.399	6.882	5.714	4.236	6.644
7. 立木材積密度	2.7	3.9	3.5	3.3	3.9	3.5	3.7	3.4	3.6	3.5	4.7	3.1
8. 平均枝下高	83	32	32	36	36	28	26	33	40	33	23	35
9. 平均枚数	1.794	1.944	2.003	1.851	1.649	1.479	1.064	1.667	2.187	1.342	2.085	1.976
実働1時間1人当り 根切り出来高	52.76	72.97	63.07	52.03	48.07	74.52	60.72	62.31	68.74	67.62	71.31	53.20
根切り実働率												

第A. 1表, その2 根切り作業工程調査資料

プロット番号 基礎 測定因子	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	34	34	35	33	5	24	29	24	30	41	37	35
1. 平均勾配	34	34	35	33	5	24	29	24	30	41	37	35
2. 立木密度	6.7	7.2	12.8	10.7	7.8	9.9	12.2	14.5	12.2	9.1	14.9	8.1
3. 伐木密度	3.2	3.3	8.2	5.3	7.2	7.2	6.6	7.6	9.0	3.7	7.2	4.0
4. 平均胸高直径	41.6	32.9	39.1	35.8	41.5	41.8	34.0	36.0	34.0	41.1	32.2	33.2
5. 胸高直径の分散	135.0	96.1	89.7	124.2	109.8	127.3	53.0	99.0	66.2	158.4	43.5	57.0
6. 平均樹高	20.1	13.4	16.2	15.5	16.0	18.3	16.0	13.0	12.5	16.8	13.9	14.0
7. 立木材積密度	4,250	2,208	5,305	4,552	7,959	8,922	4,896	5,607	5,562	4,510	4,871	2,280
8. 平均枝下高	5.7	2.4	3.2	3.8	5.7	4.9	4.8	5.2	3.9	4.4	4.0	4.5
9. 平均枝数	37	37	46	27	25	36	30	24	32	42	23	23
実働1時間1人当り 根切り出来高	2,084	1,299	1,420	1,428	2,650	2,830	1,803	1,889	1,352	1,991	1,823	1,273
根切り実働率	71.66	75.03	71.94	80.50	81.71	50.75	67.38	86.67	63.90	63.95	46.19	73.11



第A. 1表, その3 根切り作業工程調査資料

基礎 測定因子	平均値 $\bar{X}_i$	標準偏差 $\sigma_{X_i}$	単 位	備 考
1. 平均 勾 配	31,375	7,609	度	全体が同一勾配であるようにプロットを設定してある。 プロット内の直径10cm以上の全立木数 によつて計算したもの 1プロット内の伐木数は出来るだけ10本になるよう にプロットを設定してある。そして、この7因子は 全て、伐採木のみによつて計算されたものである。伐 採木は、16cm以上のスギに限られている。 規準化の場合には、本数の不揃いを無視して伐木本数 は全て10本と仮定する。
2. 立 木 密 度	9,780	3,051	本数/100m <sup>2</sup>	
3. 伐 木 密 度	5,055	1,889	本数/100m <sup>2</sup>	
4. 平均胸高直径	37,071	3,348	cm	
5. 胸高直径の分散	112,713	54,024	cm <sup>2</sup>	
6. 平 均 樹 高	15,596	1,855	m	
7. 立木材積密度	4,5398	1,8401	m <sup>3</sup> /100m <sup>2</sup>	
8. 平 均 枝 下 高	3,971	0,846	m/本(立木)	
9. 平 均 枝 数	34,542	11,765	本数/本(立木)	
実働1時間1人当り 根切り出来高	1,7868	0,4152	m <sup>3</sup> /man hour	出来高は立木材積
根 切 り 実 働 率	65,954	10,770	%	

第A.2表 実験計画表（根切り）

作業組 使用機械	A	B	C	D
手 鋸	7.9	14.15	5.10	16.21
McC.150	13.19	1.12	8.23	11.20
Stihl	2.24	6.22	3.18	4.17

また第A.2表は、この24プロットに対する実験計画を示すものである。

作業組は各組3名で、チェーン・ソーを用いる場合は、各組に一台のチェーン・ソーが割り当てられた。また、手鋸を用いる場合には、各組共、伐倒用大鋸1丁のみを用いた。

使用機械としては、

手鋸（伐倒用大鋸）

McCulloch 150 （5.5馬力）

Stihl （8馬力）

の三水準をとつている。

次に玉切り作業の調査用として、その一部区域内に、根切り用の24個と全く別に、16個の調査プロットを設定したのであるが、そのプロットから得た資料は、第A.3表の通りである。なお、この玉切り用プロットの規格は、根切りの場合と同じである。

第A. 3表, その1 玉切り作業工程調査資料

プロット番号 基礎 測定因子	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12											
1. 平均勾配	30	37	34	9	42	35	31	23	38	9	32	35
2. 伐木密度	6.1	3.5	3.2	4.3	3.7	3.8	5.6	4.5	8.3	6.8	5.2	6.7
3. 平均胸高直径	39.8	37.8	42.2	31.6	38.4	43.3	39.3	38.5	32.0	38.4	31.6	30.8
4. 胸高直径の分散	140.9	10.3	73.9	35.2	54.2	139.8	171.5	67.6	27.3	94.3	40.6	64.4
5. 平均樹高	17.6	20.9	18.9	15.0	18.1	20.0	18.9	18.0	15.1	17.2	16.1	14.0
6. 立木材積密度	7.029	3.538	4.108	2.924	3.645	5.447	6.663	4.621	4.999	6.828	3.322	3.844
実働1時間1人当り 玉切り出来高	6,896	6,290	3,779	4,674	5,076	5,130	3,155	4,992	2,734	6,030	3,843	4,362
玉切り実働率	80.59	47.25	49.82	87.05	50.68	39.97	76.43	63.72	69.26	67.57	62.16	72.40

第A・3表，を2 玉切り功程調査資料

プロット番号 基礎測定因子	13 14 15 16						平均値 $\bar{X}_i$	分散 $\sigma_{X_i}$	単位	備考
	13	14	15	16						
1. 平均勾配	34	12	30	24			28,438	9,987	度	全て伐採木についてのみ 測られたものである。 伐採木は1プロット 10本である。 出来高は立木材積
2. 伐木密度	4.0	4.3	9.4	6.4			5,357	1,735	本数/100m <sup>2</sup>	
3. 平均胸高直径	37.8	37.0	35.2	37.2			36,931	3,642	cm	
4. 胸高直径の分散	40.0	76.3	93.8	34.7			72,801	44,152	cm <sup>2</sup>	
5. 平均樹高	18.9	15.8	17.3	18.0			17,488	1,834	m	
6. 立木材積密度	3,886	3,725	7,910	5,917			4,8754	1,5319	m <sup>3</sup> /100m <sup>2</sup>	
実働1時間1人当り 玉切り出来高	3,439	6,054	4,599	5,621			4,7921	1,1626	m <sup>3</sup> /man hour	
玉切り実働率	70.28	70.18	83.48	64.43			65,954	13,010	%	

第 A . 4 表 実験計画表（玉切り）

作業組 使用機械	A	B
McC. 150	2. 6. 9. 11	1. 3. 12. 14
Stribl	5. 8. 10. 16	4. 7. 13. 15

第 A . 4 表は，玉切り作業工程の調査のための実験計画である。

作業組は，各組 3 名でチェーン・ソー一台を用いた。この二組は，根切りの場合と全く異なる組である。

以上のような計画によつて調査された結果から，伐採地の条件を表わす基礎測定因子と作業工程——実働 1 時間 1 人当り出来高，及び実働率によつて表わす——との相関係数は第 A . 5 表の通りである。

第 A . 5 表 伐採地の条件因子と作業工程の相関係数

作業工程 基礎 測定因子	根切り作業（データ数 24）		玉切り作業（データ数 16）	
	実働 1 時間 1 人当り出来高	実 働 率	実働 1 時間 1 人当り出来高	実 働 率
1. 平 均 勾 配	-0.56721	-0.21824	-0.36944	-0.46082
2. 立 木 密 度	0.01816	-0.03474	—	—
3. 伐 木 密 度	0.31998	-0.06451	-0.14658	0.56957
4. 平均胸高直径	0.43424	-0.01767	0.30648	-0.52529
5. 胸高直径の分散	0.05111	0.00608	0.09172	0.13000
6. 平 均 樹 高	0.50229	-0.17833	0.19991	-0.60021
7. 立木材積密度	0.62754	-0.08662	0.16474	0.27538
8. 平均枝下高	0.52683	0.32781	—	—
9. 平 均 枝 数	0.04320	-0.37502	—	—
実働 1 時 1 人当り 出来高	1.00000	-0.10320	1.00000	-0.09597
実 働 率	-0.10320	1.00000	-0.09597	1.00000

## 参 照 文 献

- (1) 神崎康一：チェーン・ソー伐木工程，日本林学会誌第41巻第8号。
- (2) “：菅生演習林における伐木集材作業工程。  
京都大学農学部附属演習林報告第33号。
- (3) 近藤正己：標準工程作成のための実験計画。  
第63, 64, 65, 67回日本林学会講演集及び日林誌第  
37巻第10号。
- (4) 田口玄一：実験計画法 上下 丸善 (1958)
- (5) 北川敏男：実験計画法講義 I II 陪風館 (1958)
- (6) 河田竜夫，国沢清典：現代統計学，上下，広川書店(1951)
- (7) T.W. Anderson : An Introduction to Multivariate  
Statistical Analysis  
John Wiley & Sons (1960)
- (8) Kendall, M.G : A Course in Multivariate Analysis  
Charles Griffin. (1957)